Transports Canada
Développement

Transport Canada
Development

TP 4240F

NH

LES REVÊTEMENTS ROUTIERS DANS LES RÉGIONS À CLIMAT FROID

Sommaire du compte rendu d'atelier

Consultations scientifiques et technologiques Canada/Japon

Préparé pour le

Centre de développement des transports

OCTOBRE 1982

CA1
DTC 801
82
P11SZ
c.2

Canada

B&5
Canada

85-2717/

TP 4240F

LES REVÊTEMENTS ROUTIERS DANS LES RÉGIONS À CLIMAT FROID

ATELIER

Library and Information Centre
Centre de Documentation (GSLA
CJ L3
MAR 28 1984
Transport Canada | Transports Canada

Du 18 au 22 octobre 1982

Vancouver (Colombie-Britannique)

Sommaire du compte rendu

CANADA/JAPON

Consultations scientifiques et technologiques

FORMULE DE DOCUMENTATION POUR RAPPORT

1. N° du rapport Transports Canada	2. N° de l'étude — CDT	3. N° de catalogue du destinataire
TP 4240F	4805	

4. Titre et sous-titre	5. Date du rapport
Les revêtements routiers dans les régions à climat froid - Sommaire du compte rendu de l'atelier	octobre 1982
	6. N° du rapport de l'organisme exécutant
7. Auteur(s) Association des routes et transports du Canada (ARTC)	8. N° de dossier Transports Canada D1450-134
9. Nom et adresse de l'organisme exécutant Association des routes et transports du Canada (ARTC) 1765, boul. Saint-Laurent Ottawa (Ontario) K1G 3V4	10. N° de dossier — ASC
	11. N° de contrat — ASC ou Transports Canada 4805
12. Nom et adresse de l'organisme parrain Centre de développement des transports (CDT) 1000 ouest, rue Sherbrooke Suite 2421 Montréal (Québec) H3A 2R3	13. Genre de rapport et période visée Sommaire
	14. Code de l'organisme parrain CDT 4805
15. Remarques additionnelles	16. Agent de projet — CDT Catherine Hirou

17. Résumé

Un atelier nippo-canadien Les revêtements routiers dans les régions à climat froid s'est tenu à Vancouver du 18 au 22 octobre 1982. Il a regroupé des experts des deux pays dans le domaine de la recherche sur les revêtements et leur a permis de discuter des problèmes particuliers des revêtements dans les climats froids. Cet atelier comprenait six séances, au cours desquelles vingt-trois exposés ont été présentés, ainsi qu'une table ronde. Les six principaux sujets abordés étaient: la fissuration à basse température, les matériaux et les techniques de construction utilisés dans la lutte contre les problèmes de gel dans les sols, la pénétration du gel et la prévention du soulèvement dû au gel, la prévention et l'élimination de la remontée des fissures, les caractéristiques des matériaux de revêtement et les produits d'addition pour les bitumes.

18. Mots-clés	19. Diffusion
Revêtement, soulèvement dû au gel, fissuration à basse température, produits d'addition pour bitumes, matériaux de revêtement	Le CDT dispose d'un nombre limité d'exemplaires.

20. Classification de sécurité (de ce rapport)	21. Classification de sécurité (de cette page)	22. Nombre de pages	23. Prix
non classifié	non classifiée	86	--

CDT TDC 79-005

REPORT DOCUMENTATION FORM

1. Transport Canada Report No.	2. TDC Project No.	3. Recipient's Catalogue No.
TP 4240F	4805	

4. Title and Subtitle	5. Report Date
Les revêtements routiers dans les régions à climat froid - Sommaire du compte rendu de l'atelier	OCTOBER 1982
	6. Performing Organization Report No.
7. Author(s)	8. Transport Canada File No.
Roads and Transportation Association of Canada (RTAC)	D1450-134
9. Performing Organization Name and Address Roads and Transportation Association of Canada (RTAC) 1765 Saint-Laurent Blvd. Ottawa, Ontario K1G 3V4	10. DSS File No.
	11. DSS or Transport Canada Contract No. 4805
12. Sponsoring Agency Name and Address Transportation Development Centre (TDC) 1000 Sherbrooke Street West Suite 2421 Montreal, Quebec H3A 2R3	13. Type of Report and Period Covered Summary
	14. Sponsoring Agency Code TDC 4805
15. Supplementary Notes	16. TDC Project Officer Catherine Hirou

17. Abstract

The joint Canada/Japan Paving in Cold Areas Mini Workshop held in Vancouver between October 18 - 22, 1982, brought together Canadian and Japanese experts in the areas of pavement research to discuss the particular problems of paving in cold areas. The workshop consisted of six sessions at which twenty-three papers were presented and one panel discussion took place. The six major topics covered in the workshop were: low temperature cracking; materials and construction to overcome freezing problems in soils; frost penetration and the prevention of frost heaving; the prevention and cure of reflection cracking; characteristics of paving materials; and, additives in asphalts.

18. Key Words	19. Distribution Statement
Paving, Frost Heaving, Low Temperature Cracking, Asphalt Additives, Paving Materials	Limited number of copies available from Sponsoring agency

20. Security Classification (of this report)	21. Security Classification (of this page)	22. No. of Pages	23. Price
Unclassified	Unclassified	86	--

TDC/CDT 79-005

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements vi

PARTIE I: Historique et introduction 1

PARTIE II: Résumés des exposés 7

PARTIE III: Conclusions 41

ANNEXES

A: Calendrier des activités 49

B: Liste des participants 55

C: Données de référence pour la tournée d'inspection 61

D: Compte rendu des discussions 83

REMERCIEMENTS

L'atelier sur les revêtements routiers dans les régions à climat froid s'est déroulé à Vancouver du 18 au 22 octobre 1982, dans le cadre des Consultations technologiques et scientifiques Canada/Japon.

Nous tenons à remercier toutes les personnes et tous les organismes suivants d'avoir contribué à la bonne marche de l'atelier.

Le Centre de développement des transports (Transports Canada), qui s'est chargé du financement de l'atelier et a contribué à son succès, grâce à son action déterminante; le ministère des Transports et des Communications de l'Ontario, qui a préparé la publication du compte rendu de l'atelier en mettant à contribution ses propres ressources humaines; l'Institut de recherche des travaux publics du ministère de la Construction du Japon, qui a participé activement à l'élaboration du calendrier des activités et a contribué à obtenir le concours d'ingénieurs japonais de premier plan; la société Dow Chemical Canada Inc. qui a parrainé la réception d'inauguration au cours de laquelle les participants ont pu faire connaissance et aborder les travaux sur un ton de cordialité; l'Association des routes et transports du Canada, qui agissait comme coordonnateur de l'atelier.

Nous remercions particulièrement Monsieur W.A. (Bill) Phang du ministère des Transports et des Communications de l'Ontario, qui a accepté de présider l'atelier; Monsieur Takashi Iijima, de l'Institut de recherche des travaux publics du ministère de la Construction du Japon, qui était responsable de la délégation japonaise; Messieurs Don Martin et John Callaghan du ministère des Routes et des Transports de la Colombie-Britannique à qui nous devons le succès de la tournée d'inspection; Monsieur Peter Eggleton, du Centre de développement des transports, qui a joué un rôle prépondérant dans l'orientation des séances d'atelier, en particulier la séance de clôture des activités; et enfin Monsieur John Robinson de l'Association des routes et transports du Canada, qui a assuré la coordination et les services de soutien nécessaires à la bonne marche d'une telle entreprise.

Association des routes et transports du Canada, Ottawa

PARTIE I

HISTORIQUE

ET

INTRODUCTION

INTRODUCTION

C'est en 1974 que le Canada et le Japon ont tenu leurs premières consultations scientifiques et technologiques, à la demande d'un grand nombre de spécialistes des deux pays qui voyaient de réels avantages à la mise sur pied d'un programme de coopération Canada/Japon dans certains domaines scientifiques et technologiques.

Des consultations bisannuelles portant sur une grande variété de domaines se sont tenues depuis; et lors de la quatrième consultation, qui s'est déroulée du 3 au 6 juin 1980 dans la ville de Tokyo, tout le monde a reconnu que la question des revêtements routiers dans les régions à climat froid était l'un des domaines dans lesquels le Canada et le Japon auraient avantage à établir des échanges.

La première étape de cette consultation consistait à nommer un représentant pour chaque pays. Le Canada a désigné pour cette fonction Monsieur W.A. Phang, chef du Bureau de recherche sur les chaussées du ministère des Transports et des Communications de l'Ontario, et le Japon a choisi Monsieur Takashi Iijima, chef de la Division des chaussées à l'Institut de recherche des travaux publics du ministère de la Construction.

Le premier échange d'information a eu lieu au Japon, en novembre 1980, lors de la visite de Messieurs W.A. Phang et I.F. Gilbert du Centre de développement des Transports, et s'est poursuivi lors des visites de Messieurs T. Sugawara, S. Matsuno, H. Kubo et H. Ishii au Canada, durant l'année 1981.

À l'issue d'une de ces rencontres, les représentants des deux pays décidèrent d'organiser la consultation sous forme d'atelier pour permettre la participation d'un plus grand nombre d'ingénieurs canadiens et japonais et élargir ainsi la portée des échanges. L'atelier, qui se voulait une séance de travail, devait atteindre les objectifs suivants:

1) échanger de l'information sur l'état actuel de la recherche et de l'expérience canadienne et japonaise dans le domaine des revêtements routiers dans les régions à climat froid;

2) approfondir les connaissances dans ce domaine et la compréhension des problèmes associés à la mise en oeuvre des revêtements routiers dans les régions à climat froid;

3) définir les besoins et les possibilités d'action pouvant faire l'objet de recherches et de développement;

4) définir les projets de recherche auxquels pourraient participer conjointement les chercheurs canadiens et les chercheurs japonais;

5) publier le compte rendu de l'atelier.

L'atelier s'est déroulé sous forme de séances au cours desquelles furent présentés des exposés techniques. Les différents aspects du problème des revêtements routiers dans les régions à climat froid ont fait l'objet de six séances consécutives présentées dans l'ordre suivant.

Séances de l'atelier

1re séance	-	Les fissurations à basse température
2e séance	-	Les matériaux et techniques de construction utilisés dans la lutte contre les effets du gel dans les sols
3e séance	-	La pénétration du gel dans les chaussées et la prévention du soulèvement dû au gel
4e séance	-	La prévention et l'élimination de la remontée des fissures
5e séance	-	Les matériaux routiers
6e séance	-	La recherche sur les produits d'addition

On trouvera le calendrier des activités à l'annexe A du présent sommaire.

Une invitation à présenter des exposés fut lancée en novembre 1981; le programme final comportait vingt-deux exposés techniques en plus d'une table ronde. L'atelier s'est terminé par une séance de clôture au cours de laquelle les participants ont fait le bilan et collaboré à la préparation d'un rapport d'atelier qui figure à la fin du présent sommaire.

L'atelier a été financé par le CDT, en collaboration avec le ministère des Transports et des Communications de l'Ontario et l'Institut de recherche des travaux publics du ministère de la Construction du Japon. La coordination était assurée par l'Association des routes et transports du Canada. Ont participé aux séances dix-sept Japonais et vingt-huit Canadiens provenant des milieux les plus divers, dont le secteur universitaire, le secteur privé, le secteur public et les organismes régionaux. Une tournée d'inspection a transporté les participants au coeur de la Colombie-Britannique et leur a permis de visiter plusieurs tronçons témoins et sections spéciales du réseau routier de cette province. Elle leur a permis en outre de constater de visu les techniques utilisées et mises à l'essai par la Colombie-Britannique pour lutter contre les problèmes associés aux revêtements routiers dans les régions à climat froid.

La deuxième partie du présent sommaire donne un résumé de tous les exposés, dans l'ordre où ils ont été présentés, et la troisième et dernière partie donne les principaux résultats de l'atelier, le compte rendu des discussions et le programme d'orientation des futurs échanges en la matière.

Les annexes comprennent le calendrier des activités, une liste des participants, les données de référence concernant les tronçons témoins étudiés lors de la tournée d'inspection, de même qu'une transcription fidèle du compte rendu des discussions préparé en accord avec les participants.

Les commentaires portant sur le document publié et les demandes de renseignements concernant le programme actuel de consultations Canada-Japon sur les revêtements routiers dans les régions à climat froid sont les bienvenus et doivent être adressés à:

Monsieur John B.L. Robinson
Directeur des programmes techniques
Association des routes et transports du Canada
1765, boulevard Saint-Laurent
Ottawa (Ontario) K1G 3V4
Canada

PARTIE II

RÉSUMÉS DES EXPOSÉS

Note: Les résumés d'exposés ci-après figurent dans le même ordre et suivant la même présentation que dans le programme original de l'atelier. On trouvera le programme à l'annexe A.

1re SÉANCE

Titre: Les fissurations à basse température

Président: M. Ian F. Gilbert
Transports Canada

Exposés:

1) La fissuration des revêtements bitumineux à basse température, MM. Teruo Sugawara et Akihiro Moriyoshi, Université de Hokkaido, et M. Hiroshi Kubo, Bureau de développement de Hokkaido (Japon)

2) La fissuration des revêtements bitumineux à basse température - Reconsidération, M. M.A. Laforte, Centre de recherche et de contrôle en construction, et M. J. Hode Keyser, École Polytechnique de Montréal

3) L'application des observations sur le terrain et des méthodes de prédiction des déformations pour l'amélioration de la résistance des chaussées à la fissuration à basse température, M. Ken O. Anderson, Université de l'Alberta

4) La fissuration à basse température des chaussées aéronautiques par suite du durcissement des revêtements en béton bitumineux, MM. K. Sato, T. Fukute et Y. Hachiya, Institut de recherches portuaires, ministère des Transports du Japon

La fissuration des revêtements bitumineux à basse température

MM. T. Sugawara, H. Kubo et A. Moriyoshi

Résumé

De nombreuses fissures transversales ont récemment été observées sur les revêtements bitumineux, même sur les revêtements neufs, situés dans la zone froide de la région de Hokkaido. Malgré le climat tempéré qui règne dans la région de Hokkaido, les caractéristiques générales des fissures observées sont semblables à celles rencontrées au Canada.

Selon l'emplacement, le degré d'utilisation et le type de chaussée, le nombre de fissures transversales varie le plus souvent entre 10 et 200 par kilomètre; la longueur de revêtement fissuré en 1978, dans la région de Hokkaido, était de 1500 km, soit 12,3 % de la longueur totale du réseau routier.

Le Bureau de développement de Hokkaido a effectué une étude sur le terrain qui révèle que les mécanismes régissant ce type de fissuration sont reliés à la température ambiante, à la vitesse de refroidissement, à la capacité de contraction et de relaxation du mélange bitumineux, au coefficient d'adhérence de la couche de bitume à la couche non bitumineuse adjacente, à la capacité thermique de la couche de fondation, etc.

En 1978, les laboratoires de l'Université de Hokkaido ont entrepris une étude expérimentale de la question et ont procédé à un essai de fissuration thermique directe sur une éprouvette de béton bitumineux afin de déterminer la température de rupture et le rapport contrainte-déformation durant la période de refroidissement. L'éprouvette fut soumise à certaines contraintes l'obligeant à conserver sa longueur initiale à diverses températures, puis fut refroidie à une vitesse prédéterminée. Les chercheurs ont analysé l'incidence de facteurs comme la consistance du liant (Pén. 30 à 400), la vitesse de refroidissement (-3°C à -30°C/h) et la température initiale (10°C à -10°C), et ont étudié la courbe contrainte-déformation, du point de vue de la capacité de relaxation du béton bitumineux. Cette expérience leur a permis d'établir que la courbe contrainte-déformation se compose pour deux parties de la zone de relaxation, pour une partie de la zone de non-relaxation, ce qui indique que la température de rupture du béton bitumineux est principalement reliée à l'amplitude de la zone de relaxation.

Cet exposé décrit les résultats des études faites sur le terrain et en laboratoire à Hokkaido, au Japon.

La fissuration des revêtements bitumineux à basse température - Reconsidération

MM. M.A. Laforte et J.H. Keyser

Résumé

Depuis la publication en 1935 de l'étude de Rader sur les propriétés physiques des matériaux bitumineux soumis à de basses températures, plusieurs modèles ont été proposés pour expliquer le phénomène de la fissuration des chaussées asphaltées à basse température. Les chaussées asphaltées sont certes des systèmes multicouches, mais la plupart des modèles proposés ne tiennent compte que des propriétés de la couche de revêtement bitumineux, car les mécanismes de fissuration de cette dernière et l'influence des facteurs auxquels ils sont reliés sont généralement bien documentés.

Il est cependant établi que certains phénomènes se manifestant aux autres niveaux de la chaussée ont une incidence sur la fissuration à basse température. Carpenter, Lytton et Epps ont pu déterminer que les contraintes se manifestant dans la couche de fondation non imprégnée peuvent causer la formation de fissures transversales susceptibles de remonter à la surface de la chaussée. Deme et Hamilton ont indiqué que les fissures transversales causées par un retrait de l'infrastructure peuvent se propager par mouvement différentiel à travers le corps de chaussée et remonter finalement jusqu'à la surface. Tous les géotechniciens travaillant dans les régions froides savent que les irrégularités de la ligne de gel au niveau de l'infrastructure peuvent causer des soulèvements différentiels et, partant, la fissuration du revêtement.

Certaines expériences récentes faites sur deux routes situées dans le nord du Québec et en Alaska, ont démontré que même si les modèles existants permettent de prédire la fissuration à basse température dans certains tronçons, ils ne peuvent se prêter à une application générale. L'équipe de M. Keyser, notamment, étudie le comportement de 2480 tronçons de chaussée représentant 620 km de route dans l'axe nord-sud en direction de la Baie James, et fait une appréciation continue des dénivellements, des degrés de résistance et de la dégradation de la surface. Cette chaussée est constituée d'une couche de revêtement de 10 cm d'épaisseur en asphalte de pénétration 300-400, d'une couche de fondation supérieure de 15 cm et d'une couche de fondation inférieure de 60 cm. On fait un relevé bisannuel de la gravité et de l'étendue des fissures transversales observées dans la chaussée. Toutes les caractéristiques du mélange bitumineux servant de critères pour la prédiction des fissures ont été définies pendant ou après la construction de la chaussée. Quatre modèles ont été évalués avec les résultats obtenus quatre ans après la construction. Il s'agit des modèles de Shahin (USCE), de McLeod, de Haas et d'Anderson-Chistison. L'étude Keyser a mis en évidence la nécessité de formuler une approche plus générale et a permis d'établir ce qui suit.

a) D'une façon générale, les quatre modèles mis à l'essai ont donné des résultats concluants pour les deux tiers des 2480 tronçons évalués.

b) Pour l'autre tiers, où le degré de fissuration était très varié, l'analyse corrélative des données indique clairement qu'il n'y a pratiquement aucune relation entre le nombre de fissures transversales et les caractéristiques de l'enrobé utilisées comme paramètres dans la conception des modèles.

c) Dans certains tronçons, les fissures dues au gel qui traversent les accotements représentent entre 1/10 et 1/20 de toutes les fissures transversales.

Les auteurs du présent exposé se sont donné pour objet de définir ce qui suit:

- éléments d'une méthode de conception plus générale permettant de réduire au minimum la fissuration transversale à basse température des chaussées asphaltées;

- bases d'un modèle plus général pouvant participer à l'élaboration d'une méthode d'étude théorique.

Leur étude s'applique aux chaussées souples à système multicouche typique.

L'application des observations sur le terrain et des méthodes de prédiction des déformations pour l'amélioration de la résistance des chaussées à la fissuration à basse température

M. K.O. Anderson

Résumé

Les préoccupations que suscitent les problèmes associés à la fissuration des revêtements bitumineux à basse température peuvent être jugées par le nombre de travaux de recherche consacrés à cette question tant au Canada qu'aux États-Unis, en particulier depuis le début des années 60. Pour élargir la portée des premiers tableaux publiés sur le sujet, l'Association of Asphalt Paving Technologists organisa, en 1966, un symposium sur la fissuration non causée par les charges roulantes. Des bibliographies exhaustives ont été publiées depuis et il serait illusoire, dans les limites du présent atelier, de faire une revue des vastes quantités de données amassées sur la question. Le présent exposé limite son champ d'intérêt et traite de certaines des études auxquelles l'auteur a participé durant cette période. Les travaux importants d'autres chercheurs comme McLeod et Haas, sont mentionnés mais ne sont pas traités plus avant puisque les principaux intéressés seront éventuellement à même d'apporter leur propre contribution.

Dans la plus grande partie de son exposé, l'auteur se base sur des études effectuées sur le réseau routier des régions rurales de l'Alberta ou sur des données provenant des études effectuées par le Manitoba sur la route témoin de Sainte-Anne. Il donne également une brève description de certaines études, notamment le programme COLD, visant l'établissement, le contrôle et la mise au point de modèles permettant de prédire la dégradation des chaussées à partir des données recueillies au cours de l'expérience de la route de Sainte-Anne. Des travaux ont été effectués en Alberta dans le cadre de l'Alberta Cooperative Highway Research Program et ont fait l'objet, pour la phase de contrôle subséquente, d'une subvention du Conseil national de recherches du Canada. Le modèle de prédiction des dégradations de chaussées désigné sous le nom de COLD (Computation of Low-temperature Damage) a été établi par la Société Woodward-Clyde Consultants de San Francisco, dans le cadre du Projet 1-10B du National Cooperative Highway Research Program. Les recherches faites au Texas dans le cadre d'un programme de recherche mixte ont été parrainées par le Texas Transportation Institute de l'Université américaine et mexicaine du Texas, à College Station.

La fissuration à basse température des chaussées aéronautiques par suite du durcissement des revêtements en béton bitumineux

MM. K. Sato, T. Fukute et Y. Hachiya

Résumé

La fissuration à basse température des revêtements bitumineux est un sérieux problème dans les aéroports du nord du Japon, et c'est pourquoi on a fait une étude du phénomène dans deux aéroports de la région. Cette étude a démontré que la fissuration à basse température est plus grave sur les surfaces qui ne sont pas soumises aux charges de la circulation (comme le bord des pistes d'atterrisage et des voies de circulation) que sur celles qui le sont, et qu'en général, le vieillissement ou le durcissement du béton bitumineux se fait plus rapidement sur les surfaces où il n'y a pas de circulation. Les auteurs du présent exposé se sont penchés sur l'incidence du vieillissement du béton bitumineux sur la fissuration à basse température.

Certaines expériences ont été faites pour déterminer l'incidence du vieillissement sur le comportement du béton bitumineux lorsqu'il est soumis à des contraintes thermiques. Dans le cas du béton bitumineux neuf ne présentant aucun signe de vieillissement, les expériences ont démontré qu'il n'y a pas d'augmentation des tensions thermiques ni de changement des propriétés mécaniques comme la résistance et la dilatation de rupture lorsque le béton est soumis à des essais cycliques de variations de température (-20°C à 10°C, 100 cycles). Dans le cas du béton bitumineux accusant un certain vieillissement, les variations de température influent sur les propriétés mécaniques et les tensions thermiques du béton mis à l'essai.

Il est donc permis de croire, à la lumière de ces données, que le vieillissement ou le durcissement du béton bitumineux peut être une cause importante de fissuration à basse température dans les revêtements bitumineux des chaussées aéronautiques. Ceci permet de conclure que la prévention du vieillissement ou du durcissement du béton bitumineux pourrait constituer un bon moyen de réduire la fréquence de ce type de fissuration.

2e SÉANCE

Titre: Les matériaux et techniques de construction utilisés dans la lutte contre les effets du gel dans les sols

Président: M. T. Iijima
Institut de recherche des travaux publics
Ministère de la Construction

Exposés:

1) Considérations sur la nature des matériaux routiers et la conception des chaussées dans les régions à climat froid, M. Fred D. Young, ministère des Routes et des Transports du Manitoba

2) Conception, construction et entretien des voies express à revêtement bitumineux dans les régions à climat froid, MM. S. Kanaya, Y. Kawashima et I. Fukushima, Nihon Doro Kodan

3) Les effets du gel et du dégel sur les caractéristiques de déformation de l'infrastructure des chaussées routières et aéronautiques dans les régions à climat froid, MM. D.E. Pufahl et Art T. Bergan, Université de la Saskatchewan

4) Conception, construction et sensibilité au gel d'une sous-fondation routière en argile maritime stabilisée à la chaux, MM. A. Murray Batten et Alan J. Hanks, ministère des Transports et des Communications de l'Ontario

Considérations sur la nature des matériaux routiers et la conception des chaussées dans les régions à climat froid

M. F.D. Young

Résumé

Le présent exposé fait une revue des considérations prises en compte dans la conception et le choix des matériaux pour la construction de chaussées durables dans la province du Manitoba. Au Manitoba, la température varie entre 38°C et -43°C, les précipitations totales représentent environ 500 mm de pluie par année, et il y a entre 1700 et 3600 degrés-jours de gel (en degrés Celsius). Les types de sols varient du CH (A-7-5)20 au granulaire, et sont tantôt bien drainés, tantôt mal drainés. La ligne de gel sous les chaussées varie entre 2 et 4.3 m de profondeur.

Il est donc évident que la conception des chaussées et le choix des matériaux sont régis par les contraintes associées à la lutte contre la fissuration à basse température, contre la remontée des fissures et contre les soulèvements dus au gel.

Les recherches effectuées vers la fin des années 50 et le début des années 60 ont permis de mettre au point des liants bitumineux souples (SC-3000) favorisant la réduction des fissures transversales à basse température, et lors d'une expérience effectuée en 1958 on mit en oeuvre pour la première fois un isolant de mousse plastique sous un revêtement de chaussée. À la même époque, on posa pour la première fois une couche de base granulaire entre le revêtement existant et le nouveau revêtement dans le but de réduire l'épaisseur des nouvelles couches d'asphalte requises au fil des années et de tenter d'éliminer ou de réduire la remontée des fissures.

Avec l'utilisation d'un liant bitumineux à séchage lent dans certaines chaussées on a réussi à éliminer la fissuration à basse température pendant une période d'environ 10 ans après laquelle les fissures se multiplièrent en raison du vieillissement de la chaussée, sans toutefois qu'il y ait cette réduction du confort de roulement normalement associée au phénomène. Les changements survenus dans les réserves de pétrole entraînent une réduction considérable de l'utilisation des liants bitumineux fluxés. Ce n'était cependant pas un problème puisque l'expérience faite sur la route témoin de Sainte-Anne avait permis de connaître à fond le rôle du liant bitumineux dans la formation des fissurations à basse température, et d'établir les critères pour le choix de ciments bitumineux permettant de réduire les risques de fissuration.

L'utilisation de ciments bitumineux à haut degré de pénétration ou de bitume à coefficient de viscosité élevé conjuguée à l'application d'une couche de gravier entre les épaisseurs de revêtement a grandement contribué à réduire le problème de la fissuration à basse température. D'autre part, on a fait certaines expériences sur la mise en oeuvre

d'une couche de scellement rugueuse entre le revêtement existant et le revêtement neuf, de même que sur l'utilisation des membranes.

L'exposé donne les résultats des essais effectués avec la mousse plastique, et une description des procédés d'isolation des sols sujets au soulèvement dû au gel et des ponceaux soumis à un soulèvement différentiel.

Conception, construction et entretien des voies express à revêtement bitumineux dans les régions à climat froid

MM. S. Kanaya, Y. Kawashima et I. Fukushima

Résumé

Les principales exigences auxquelles doivent répondre les enrobés bitumineux utilisés pour la couche de surface des voies express dans les régions à climat froid sont la résistance à l'usure, au dérapage et à la fluidification pendant l'été. Les chercheurs de Nihon Doro Kodan ont procédé à une série d'essais en laboratoire pour mettre au point des enrobés bitumineux répondant aux exigences mentionnées ci-dessus. Les essais ont été effectués avec un simulateur de circulation et plusieurs tronçons témoins ont été construits pour évaluer les résultats des expériences. Ils ont en outre permis d'établir des normes de dosage pour la préparation des enrobés destinés à la couche de roulement des chaussées construites dans les régions à climat froid. Ces normes prescrivent un enrobé dense et spécifient le calibre des granulats, la granulométrie et la teneur en bitume de l'enrobé.

Au-dessus de la ligne de gel, les matériaux constituant le revêtement de la chaussée et la sous-fondation ont été sélectionnés pour leur caractère non gélif.

Les enrobés pour couche de surface mis en oeuvre dans les régions à climat froid contiennent moins de granulats grossiers et un peu plus de fines et de bitume que ceux utilisés dans les régions tempérées.

En ce qui concerne les problèmes associés à la surface des voies express, l'orniérage est devenu une source d'ennuis majeure. L'hiver dans les régions à climat froid, l'augmentation des ornières causées par les pneus à clous et à chaînes est quatre fois plus importante que celle subie à la même époque de l'année dans les régions tempérées; quant aux travaux de réfection de la chaussée, ils sont deux fois plus importants dans les régions froides que dans les régions tempérées.

Avec l'extension des routes express dans les régions à climat froid, on prévoit une augmentation des travaux de réfection, et les coûts d'entretien risquent de devenir exorbitants. C'est pourquoi on mise beaucoup sur la solution du recyclage et une expérience pilote a d'ailleurs été effectuée en ce sens pour trouver les moyens de réduire les coûts attribuables aux travaux d'entretien et de réfection des chaussées.

Les effets du gel et du dégel sur les caractéristiques de déformation de l'infrastructure des chaussées routières et aéronautiques dans les régions à climat froid

MM. D.E. Pufahl et A.T. Bergan

Résumé

Les conditions climatiques de la région centre-nord de l'Amérique du Nord sont pour une grande part responsables des variations saisonnières qui caractérisent la déflexion des chaussées au passage de poids lourds. En général, les déflexions sont minimes durant les mois d'hiver alors que l'infrastructure est gelée. Mais l'arrivée du printemps aux mois d'avril et de mai entraîne le dégel des matériaux de fondation et d'infrastructure, ce qui produit une augmentation des déflexions et des contraintes, et contribue à réduire la durée de vie de la chaussée. À mesure qu'avance l'été, les matériaux d'infrastructure retrouvent leur rigidité et on constate une réduction des déflexions et une meilleure tenue du corps de chaussée.

Les variations de la rigidité des matériaux d'infrastructure, exprimées par le module d'élasticité, sont pour une grande part attribuables à la teneur en eau, aux déplacements de cette eau dans le sol, à l'apparition d'une structure de sol secondaire et aux changements qui en résultent dans la succion de la matrice.

Les diverses études menées par l'Université de la Saskatchewan et le ministère des Routes et des Transports de la Saskatchewan ont produit une vaste quantité de données qui permettent de définir le rôle des cycles de gel et de dégel dans les déplacements d'eau et leur effet sur les caractéristiques du sol. Il semblerait qu'après deux ou trois cycles de gel et de dégel on voit apparaître une structure du sol secondaire prononcée qui régira ultérieurement le comportement des matériaux d'infrastructure à grains fins. Bien que la teneur globale en eau puisse demeurer essentiellement inchangée, les déplacements d'eau dans la masse du sol sont responsables de l'affaiblissement de la succion au niveau de la matrice et de la baisse correspondante du module d'élasticité. Le présent exposé donne une illustration de ces phénomènes avec les données correspondantes, en plus des variables qui régissent le comportement des sols à grains fins partiellement saturés. Les auteurs mentionnent également quelques méthodes récemment mises au point pour mesurer la capacité de succion de la matrice, en laboratoire et sur le terrain, de manière que les paramètres de formulation des équations constitutives puissent être mieux quantifiés. Ils concluent par quelques commentaires sur le degré de perfectionnement de ce mode de calcul de l'infrastructure et recommandent de poursuivre les travaux d'expérimentation dans le domaine.

Conception, construction et sensibilité au gel d'une sous-fondation routière en argile maritime stabilisée à la chaux

MM. A.M. Batten and A.J. Hanks

Résumé

Lors des travaux de terrassement d'une autoroute de la région d'Ottawa, une grande quantité d'argile siliceuse détrempée et ramollie a été stabilisée par l'apport d'une petite quantité (1,5 à 2 %) de chaux hydratée à haute teneur en calcium. Cette argile provient d'un dépôt salin maritime et est connue dans la région sous le nom d'argile Leda. Dans la région où les travaux ont été effectués, l'humidité et la sensibilité de l'argile interdisent son utilisation comme matériau de remblayage pour la construction d'une route classique.

Avec l'addition de la chaux à l'argile, on a augmenté sensiblement la solidité du matériau, ce qui a permis de s'en tenir à un volume de remblai normal. L'argile modifiée a été mise en place jusqu'au niveau d'infrastructure, et on a obtenu d'excellentes conditions de stabilité et de compactage. Pour augmenter la résistance de l'infrastructure dans les parties en déblai, on l'a modifiée sur une profondeur de 500 mm par l'addition d'une plus grande quantité de chaux (5 à 6 %), puis isolée avec des panneaux de polystyrène de 25 mm d'épaisseur, afin de pallier à la gélivité de sous-sol constitué d'argile siliceuse, ramollie et mal drainée.

Le premier hiver suivant l'achèvement des travaux et l'ouverture de la route à la circulation, les sections de chaussée constituées de remblai modifié accusèrent de graves déformations sous l'effet des soulèvements différentiels dus au gel, à tel point que les voies de circulation durent être fermées pendant une période assez longue.

L'exposé décrit les conditions du terrain d'étude et les analyses de laboratoire qui ont été effectuées, de même que les méthodes de construction et les données relatives aux essais. Il décrit également le comportement de la chaussée et les conditions climatiques, l'étude du terrain durant et après le soulèvement dû au gel, les correctifs apportés pour remettre la chaussée en état et les essais de contrôle en laboratoire, et fait l'évaluation de l'expérience en vue d'expliquer cette action inattendue du gel. Les auteurs donnent une description détaillée des méthodes et données d'essai, et font certaines observations et recommandations sur les méthodes de conception et de construction routière dans des conditions comparables, où il semble avantageux de modifier le matériau de remblai avec de la chaux. Ils recommandent de faire des relevés de soulèvement dû au gel sur des éprouvettes de sol modifié représentant le matériau proposé pour les travaux de remblayage.

3e SÉANCE

Titre: La pénétration du gel dans les chaussées et la prévention du soulèvement dû au gel

Président: M. Saburo Matsuno
Université de Kanazawa

Exposés:

1) Mesure et prédiction de la pénétration du gel dans les chaussées, MM. R.A. Chisholm et William A. Phang, ministère des Transports et des Communications de l'Ontario

2) Mesures de prévention du soulèvement dû au gel dans les chaussées, M. Hiroshi Kubo, Institut de recherche en génie civil, Bureau de développement de Hokkaido

3) Expérience d'isolation de la chaussée à Val Gagné, MM. T.M. Louie, société Dow Chemical Canada Inc., et W.A. Phang et R.A. Chisholm, ministère des Transports et des Communications de l'Ontario

4) Utilisation des enrobés ouverts mélangés et posés à froid pour réduire la fissuration transversale dans les revêtements routiers, MM. W.H. MacDonald, municipalité de Muskoka, et D.F. Lynch et J.A. Cooper, ministère des Transports et des Communications de l'Ontario

Mesure et prédiction de la pénétration du gel dans les chaussées

MM. W.A. Phang et R.A. Chisholm

Résumé

Il est essentiel de connaître la profondeur de pénétration du gel dans la chaussée pour être en mesure de déterminer à quel niveau il faut établir les fondations d'ouvrages d'art, les pipelines et les canalisations d'égout et d'aqueduc. Les connaissances actuelles dans le domaine de la pénétration du gel sont, pour une grande part, le résultat d'une expérience peu documentée acquise à partir d'études sur des sondages et des excavations. Il existe toutefois une méthode de prédiction de pénétration du gel à partir de l'indice de gel atmosphérique.

Dans le cadre d'un programme échelonné sur cinq ans, on a pu mesurer la pénétration du gel à l'aide d'indicateurs de profondeur du gel répartis dans 62 endroits différents en Ontario. Ce programme a permis d'accumuler une grande quantité de renseignements qui ont servi à établir la relation entre la pénétration du gel et l'indice du gel atmosphérique en tenant compte des conditions propres à l'Ontario. Pour faciliter le travail de ceux qui ont recours à cette méthode, une carte des indices de gel atmosphérique de la province a été préparée à partir de relevés de température effectués de 1941 à 1970 et provenant de 224 endroits différents. Cette carte a été préparée à l'aide d'une méthode récemment mise au point par le Conseil national de recherches du Canada et qui permet de calculer l'indice du gel atmosphérique à partir des températures mensuelles moyennes.

La méthode est simple à utiliser mais elle ne tient pas compte de certains facteurs, comme le type de sol et sa teneur en eau, qui influent sur la profondeur réelle de pénétration du gel. Afin d'évaluer l'incidence de ces facteurs et d'étudier le rôle de certains matériaux isolants et des couches sujettes au gel, les chercheurs de l'Université de Carleton ont mis au point un programme informatique permettant d'établir les relations de transfert de chaleur. Ce programme permet de prédire la pénétration maximale du gel et les températures du sol à partir de données qui, pour la plupart, existent déjà. Dans plusieurs endroits, les prédictions établies à l'aide du programme informatique se comparaient favorablement aux données réelles des courbes temps/pénétration du gel.

Mesures de prévention du soulèvement dû au gel dans les chaussées

M. H. Kubo

Résumé

Dans les régions froides où les hivers sont neigeux, les chaussées, les tunnels de béton et les murs de soutènement sont grandement perturbés par les cycles de gel et de dégel. Dans la région de Hokkaido en particulier, et dans les régions montagneuses où le climat est modéré, le soulèvement des chaussées sous l'effet du gel a de sérieuses conséquences.

Le soulèvement se produit lorsque les cristaux de glace se développent dans le sens de progression du gel, ce qui fait bomber la surface du sol. Le phénomène a deux grandes conséquences: la dégradation de la chaussée causée par le soulèvement lui-même et l'affaiblissement de la portance de l'infrastructure et de la fondation inférieure durant le dégel du printemps. Le passage d'un grand nombre de véhicules lourds produit l'orniérage partiel et la fissuration polygonale du revêtement et, au printemps, le drainage est obstrué par les couches sous-jacentes qui sont gelées.

Dans les régions froides, la structure des chaussées asphaltées est conçue en fonction de la densité du trafic lourd, du CBR établi pour l'infrastructure et de la profondeur de pénétration du gel. Pour protéger les chaussées contre les effets du soulèvement, certaines méthodes comme l'apport de matériaux de remplacement, l'isolation thermique, la stabilisation du sol et la mise en place de couches imperméables ont été employées, soit à titre expérimental, soit pour des raisons pratiques.

Pour des raisons d'économie, de performance et d'expérience, c'est l'apport de matériaux de remplacement qui est généralement utilisé au Japon pour prévenir le soulèvement de la chaussée. Cette méthode consiste à remplacer les matériaux gélifs par un gros granulat représentant environ 70 % de la quantité maximale théorique de matériaux gelés en hiver.

La route de Bibi située sur la nationale 36 a été désignée route témoin par le district de Tomakomai de la région de Hokkaido. Cette route a été étudiée de façon systématique pour mettre au point des méthodes de lutte contre les effets du soulèvement dû au gel dans les régions froides et contribuer aux recherches actuelles sur les chaussées asphaltées.

Le présent exposé décrit l'évolution du mode de conception des chaussées de la région de Hokkaido pour la prévention du soulèvement dû au gel. Il décrit également une méthode de prévention du soulèvement mise au point à partir des résultats d'essais effectués sur le tronçon témoin de la route de Bibi et l'utilisation de matériaux isolants dans le corps de chaussée.

Expérience d'isolation de la chaussée à Val Gagné

MM. T.M. Louie, W.A. Phang et R.A. Chisholm

Résumé

En 1966, on a réussi pour la première fois à traiter le problème du soulèvement dû au gel avec un isolant en mousse de polystyrène extrudée de marque Styrofoam* Hl et depuis, l'Ontario fait une large utilisation d'isolant dans ses chaussées. L'évaluation de cette pratique s'est toutefois limitée à quelques observations peu documentées sur divers tronçons de chaussées traités avec divers isolants. En 1972, le gouvernement de l'Ontario et la société Dow Chemical Inc. se sont associés pour construire un tronçon de route isolé à Val Gagné (Ontario) en vue d'observer le comportement du matériau isolant à l'aide d'appareils de mesure mis en place dans la chaussée.

Trois épaisseurs d'isolant et quatre types de profils différents furent utilisés aux fins de l'expérience. Durant les hivers de 1973 à 1977, on enregistra les courbes de températures et on mesura les profondeurs de pénétration du gel et le soulèvement dû au gel. Les données obtenues servirent à vérifier un programme informatique permettant d'élaborer des modèles de transferts de chaleur en deux dimensions par la méthode des éléments finis. Ce programme, mis au point pour faciliter la conception d'un isolant destiné à réduire la pénétration du gel, permet de prédire avec précision la température du sol dans les tronçons de chaussée non isolés et les tronçons où il n'y a qu'une mince couche d'isolant, mais il devra être révisé pour ce qui est de prédire avec exactitude les températures des tronçons protégés par un isolant de forte épaisseur.

Les données obtenues au cours de cette expérience ont aussi permis d'établir une série de courbes de prédiction de la pénétration du gel sous diverses épaisseurs d'isolant et dans diverses conditions de degrés-jours de gel. Ces courbes peuvent être utiles lorsqu'il s'agit de déterminer l'épaisseur d'isolant appropriée pour une pénétration de gel acceptable.

La mousse isolante "Styrofoam" récupérée après cinq ans d'utilisation sur les tronçons témoins n'avait subi aucun changement de structure ou de propriétés thermiques.

* Marque de commerce de la société Dow Chemical, connue maintenant sous le nom de Dow Chemical Canada Inc.

Utilisation des enrobés ouverts mélangés et posés à froid pour réduire la fissuration transversale dans les revêtements routiers

MM. W.H. MacDonald, D.F. Lynch and J.A. Cooper

Résumé

Depuis l'arrivée sur le marché de nouveaux types d'équipements et les perfectionnements récents dans le domaine des émulsions bitumineuses, on a réussi à réaliser des revêtements en enrobés ouverts mélangés et appliqués à froid.

Cet exposé décrit le succès qu'a remporté la municipalité de Muskoka, située au nord de l'Ontario, avec l'utilisation des enrobés ouverts. L'auteur décrit le comportement des chaussées en ce qui concerne la résistance à la fissuration à basse température dans une région où les températures hivernales peuvent baisser jusqu'à -45°C; le district a une moyenne de 145 jours de gel et de 365 cm de neige par année.

Les autorités de Muskoka ont constaté ces cinq dernières années que les chaussées en enrobé ouvert sont beaucoup plus souples que les autres. La structure de l'enrobé ouvert et la forte teneur en bitume du revêtement permettent à ce dernier d'épouser les déformations de la chaussée sans se fissurer. Le revêtement conserve en outre ses propriétés de résilience et de résistance au froid pendant longtemps, ce qui lui donne une plus grande souplesse et une meilleure capacité de regénérescence.

L'exposé donne un aperçu de la conception, des méthodes de construction, des observations effectuées et des coûts relatifs à ce type de construction.

Les autorités de Muskoka sont enchantées des résultats obtenus et ont décidé d'adopter ce type de construction à l'année longue.

4e SÉANCE

Titre: La prévention et l'élimination de la remontée des fissures

Président: M. Fred D. Young
Ministère des Routes et des Transports du Manitoba

Exposés:

1) La prévention de la remontée des fissures, MM. J. Bev McMaster et W.E. Blum, ministère des Transports et des Communications de l'Ontario

2) L'entretien et la réfection des chaussées et les méthodes de prévention de la remontée des fissures, MM. Takashi Iijima, Institut de recherche des travaux publics, ministère de la Construction du Japon, et Saburo Matsuno, Université de Kanazawa

3) L'entretien de la couche de surface d'un tronçon témoin - 1975, MM. R.W. (Bill) Culley et Gary H. Heiman, ministère des Routes et des Transports de la Saskatchewan

4) Le colmatage des fissures des chaussées souples dans les régions à climat froid, M. George J. Chong, ministère des Transports et des Communications de l'Ontario

4e SÉANCE

EXPOSÉ N° 1

La prévention de la remontée des fissures

MM. J.B. MacMaster et W.E. Blum

Résumé

Le vieillissement des chaussées entraîne invariablement la formation de fissures. Le type de fissures, de même que la fréquence et la gravité de ces dernières sont associés à divers facteurs comme les critères de conception, la nature des matériaux et les conditions de mise en oeuvre. À cause des fissures, la qualité de service d'une route peut être altérée à la longue, particulièrement sous l'effet des intempéries. Le confort de roulement diminue, les frais d'entretien des véhicules et les risques d'accidents augmentent, et la chaussée peut même menacer de s'effondrer si des mesures ne sont pas prises pour remédier à la situation.

L'une des méthodes les plus couramment employées pour rendre à une chaussée sa qualité de service est l'application, sur le revêtement existant, d'une couche de surface en béton bitumineux. Malheureusement, le phénomène de la remontée des fissures entraîne souvent la dégradation précoce de cette nouvelle couche de surface et le problème s'aggrave dans les régions où les froids saisonniers favorisent le gel de l'eau qui s'est infiltrée dans la chaussée par la voie des fissures.

Les auteurs de cet exposé expliquent brièvement comment, en Ontario, les facteurs mentionnés ci-dessus influent sur la remontée des fissures. Ils passent en revue les diverses méthodes et techniques employées ces dernières années par le gouvernement ontarien pour réduire au minimum la remontée des fissures dans la couche de surface. L'exposé traite de l'utilisation des enrobés bitumineux modifiés comme couches de liaison et nous apprend en outre qu'il s'agit d'enrobés ouverts qui ont été appliqués sur des chaussées rigides tout aussi bien que sur des chaussées souples. Les auteurs mentionnent enfin qu'on a fait certains essais au cours desquels différentes épaisseurs de couches de surface ont été appliquées sur différents types de chaussées, et ils décrivent brièvement l'expérience du gouvernement de l'Ontario dans le domaine des géotextiles comme moyen de renforcer les revêtements.

Les auteurs tirent certaines conclusions au sujet de l'efficacité et de la rentabilité des traitements qui ont été mis à l'essai, et ils font certaines recommandations concernant l'utilisation de nouvelles méthodes, de nouvelles techniques et de nouveaux matériaux dans les futurs efforts du Ministère pour prolonger la durée de vie des chaussées et protéger l'investissement de l'Ontario dans son réseau routier.

L'entretien et la réfection des chaussées et les méthodes de prévention de la remontée des fissures.

MM. T. Iijima et S. Matsuno

Résumé

L'exposé nous apprend où en est le Japon en matière de prévention de la remontée des fissures et fait une appréciation de l'utilisation des géotextiles pour résoudre ce problème.

1/ L'état actuel de la technique en matière de prévention de la remontée des fissures

Le manuel d'entretien routier décrit les méthodes utilisées pour la conception et la mise en oeuvre des couches de surface en béton bitumineux sur les revêtements existants en béton bitumineux et en béton hydraulique. En voici les grandes lignes.

- Nouvelle couche de surface sur les revêtements en béton bitumineux

  Au Japon, on utilise deux méthodes de calcul pour établir l'épaisseur de la couche de surface: la méthode CBR pour le calcul de l'infrastructure et la méthode Benkelman pour le calcul des déflexions. Avant d'appliquer la couche de surface, on doit traiter les fissures par point à temps ou par nivelage. Le nivelage est la méthode la plus utilisée sur les routes à circulation dense.

- Nouvelle couche de surface sur les revêtements en béton hydraulique

  L'épaisseur de la couche de surface est calculée à l'aide des valeurs CBR obtenues. L'épaisseur minimale recommandée est de 8 cm. Pour prévenir la remontée des fissures, on applique sur le revêtement existant un géotextile ou une couche de liaison en enrobé ouvert.

2/ Appréciation des géotextiles comme moyen de prévention de la remontée des fissures

Deux types de géotextiles sont utilisés pour prévenir la remontée des fissures: les membranes d'étanchéité bitumineuses et les tissés collés directement sur la chaussée avec un adhésif bitumineux. Les essais ont révélé que les deux types de géotextiles contribuent à retarder la remontée des fissures mais ne peuvent l'éliminer complètement. Les études se poursuivent pour la mise au point de géotextiles plus perfectionnés.

4e SÉANCE

EXPOSÉ N° 3

L'entretien de la couche de surface d'un tronçon témoin - 1975

MM. R.W. Culley et G.H. Heiman

Résumé

Au début des années 70, les autorités du ministère des Routes et des Transports de la Saskatchewan étudièrent les moyens de réduire les investissements initiaux qu'entraînent les travaux de construction et de réfection routière. En 1975, le Ministère procéda à une expérience de revêtement sur un tronçon témoin qui fut divisé en trois sections, dont l'une ne devait pas recevoir de couche de surface et les autres des couches d'épaisseurs différentes, afin de déterminer les avantages et les coûts de chaque solution. Le tronçon témoin était situé sur les voies en direction est d'une route à quatre voies et à deux chaussées unidirectionnelles ayant un débit moyen de 6000 véhicules par jour. On fit un relevé de tous les détails relatifs aux coûts de construction et d'entretien du tronçon témoin et une étude du comportement de la chaussée en mesurant ses déformations avec la poutre de Benkelman, l'essai de déflexions Dynaflect et la mesure de l'inclinaison des déflexions; on effectua également un relevé topographique au moyen de photographies aériennes.

L'exposé décrit le tronçon témoin, donne un aperçu des indices de comportement et fait un bilan financier du tronçon sur une période de sept ans. Les indices de coût illustrent le comportement de la chaussée et suivent les courbes classiques de gestion routière. L'analyse des coûts indique les limites de la réfection extensive en profondeur comme méthode d'entretien. En définitive, le choix de l'épaisseur d'une couche de revêtement demeure une question de compromis entre la qualité de service de la chaussée, le capital disponible pour les travaux de réfection et les dépenses à prévoir pour d'autres projets.

Le colmatage des chaussées souples dans les régions à climat froid

M. G.J. Chong

Résumé

Au ministère des Transports et des Communications, l'expérience du colmatage des fissures en a été une de perpétuelles frustrations. Dans bien des cas, le colmatage des fissures ne donnait pas de bons résultats en raison des méthodes d'application employées et des matériaux disponibles à l'époque.

Les matériaux avec lesquels nous avons eu une si mauvaise expérience sont les émulsions à prise rapide (RS) combinées avec du sable ou du gravillon. En général, le procédé est inefficace parce que seule une quantité infime du produit réussit à pénétrer dans la fissure et à la colmater. Ce qui ne facilite pas non plus les choses, c'est que cette méthode de colmatage est généralement utilisée pendant l'été, alors que les fissures sont refermées.

Néanmoins, on ne peut se permettre de tolérer les fissures et de laisser l'eau et la saumure produite par le sel jeté sur la route s'infiltrer dans le corps de la chausée, car une telle négligence aurait pour effet de causer la dégradation prématurée de la chaussée, la diminution de sa qualité de service, l'augmentation des travaux d'entretien nécessaires et la réduction de sa durée de vie.

Durant l'été, la pluie s'infiltre dans la chaussée par les fissures du revêtement et la fondation granulaire devient gorgée d'eau. Le terrain saturé d'eau subit une action de pompage sous les charges des véhicules, ce qui entraîne une réduction de la stabilité de la chaussée dans la zone de la fissure, et la multiplication éventuelle des fissures ou l'effritement du revêtement.

Durant l'hiver, les grandes quantités de saumure produites par l'action du sel répandu sur la chaussée pénètrent dans la chaussée par les fissures qui sont alors plus dilatées qu'en été. Comme la solution saline a un point de congélation plus élevé, celle-ci peut pénétrer jusque dans la fondation granulaire et causer le soulèvement différentiel de la chaussée, ce qui permet à la fissure non seulement de s'ouvrir mais à ses bords de faire saillie. Cette déformation réduit considérablement le confort de roulement durant l'hiver et laisse fréquemment des traces après la disparition du soulèvement durant les mois de printemps et d'été. Des déformations encore plus graves peuvent se produire, comme la formation de nids de poules, si des mesures d'entretien préventives ne sont pas prises.

Pour prévenir ce genre de problèmes, il est nécessaire de traiter à temps les fissures. Le colmatage des fissures pour étanchéiser la chaussée est une solution logique, même si dans certains cas elle n'a pas donné les résultats espérés. C'est pourquoi les recherches se pour-

suivent pour trouver des matériaux de colmatage et des procédés d'application plus efficaces.

En 1980 et 1981, trois tronçons témoins furent désignés pour permettre d'étudier in situ le comportement des matériaux de colmatage, les techniques de préparation et de dressage des fissures, les méthodes d'application de l'émulsion et le matériel employé pour effectuer l'évidement et le colmatage des fissures. On estime que l'expérience acquise lors de ces observations permettra d'établir des normes de performance en matière d'entretien et des spécifications concernant les matériaux utilisés dans le traitement des fissures.

L'exposé donne certains exemples d'expérience de colmatage faites récemment en Ontario avec divers types de produits et décrit les méthodes de préparation des fissures, les profils de dressage, les méthodes d'application du produit de scellement et le matériel employé pour effectuer l'évidement et le colmatage.

5e SÉANCE

Titre: Les matériaux routiers

Président: M. Hiroshi Kubo, C.E.R.I.
Bureau de développement de Hokkaido

Exposés:

1) Les caractéristiques de certains enrobés bitumineux à basse température et leur application aux fins de calcul, MM. Atsushi Kasahara, Institut de technologie de Hokkaido, et Ralph C.G. Haas, Université de Waterloo (Ontario)

2) Le problème de l'abrasion sur les routes du Japon, MM. Takashi Iijima et Ippei Kojima, Institut de recherche des travaux publics, ministère de la Construction du Japon

3) La caractérisation des constituants des chaussées souples, M. John J. Emery, Trow Ltd., Rexdale (Ontario)

4) Le renforcement des chaussées asphaltées avec un géotextile en matière plastique haute résistance, M. Abdelhalim O. Abdelhalim, Université de Waterloo, Mme Louise Steele, Pavement Management Systems Ltd., et M. Ralph C.G. Haas, Université de Waterloo

5e SÉANCE EXPOSÉ N° 1

Les caractéristiques de certains enrobés bitumineux à basse température et leur application aux fins de calcul

MM. A. Kasahara et R. Haas

Résumé

Dans de nombreuses régions de l'Amérique du Nord et du Japon, la fissuration à basse température des chaussées asphaltées pose de sérieux problèmes. C'est pourquoi les chercheurs japonais, canadiens et américains ont effectué de nombreuses études sur la question et ils ont fait des progrès considérables.

Le présent exposé donne un compte rendu des progrès réalisés dans le domaine par plusieurs chercheurs japonais et canadiens, notamment les auteurs, MM. Kasahara et Haas. Les principaux facteurs influant sur la fissuration à basse température sont d'abord énumérés et décrits brièvement. Ils comprennent le type et les propriétés de bitume employé et les conditions de température prévalant sur le terrain.

L'exposé décrit une méthode permettant de caractériser les enrobés bitumineux à basse température au moyen de la courbe exprimant la résistance à la flexion en fonction de la température; il représente un degré de rigidité équivalent pour tous les mélanges, et il marque la transition entre la rupture fragile et la rupture ductile.

Le point de transition est étroitement relié à certaines caractéristiques communes aux matériaux bitumineux, ce qui a permis d'établir un nomogramme où les températures de rupture sont déterminées à partir de ces caractéristiques.

On a comparé les températures de rupture estimatives et les températures de rupture observées à partir de plusieurs essais, et il a été conclu que la méthode estimative apporte des réponses suffisamment justes pour être utilisées aux fins de calcul.

L'exposé décrit également une méthode de calcul permettant de prédire la fréquence de la fissuration à basse température en fonction de la rigidité du bitume, de l'âge de la chaussée, des températures de calcul hivernales, du type de sol d'infrastructure et de l'épaisseur de la chaussée.

Les auteurs font enfin quelques commentaires sur les limites de la technologie actuelle. Ils déplorent entre autres qu'on ne puisse représenter convenablement toutes les variables influant sur la fissuration à basse température et signalent la nécessité de poursuivre les recherches sur la fissuration des revêtements recyclés.

5e SÉANCE EXPOSÉ N° 2

Le problème de l'abrasion sur les routes du Japon

MM. T. Iijima et I. Kojima

Résumé

Au Japon, les automobilistes peuvent se servir de pneus à crampons, ce qui entraîne de sérieux problèmes d'abrasion pendant les mois d'hiver. On a fait une étude de la question.

La première partie de l'exposé décrit la méthode employée de 1977 à 1979 sur les routes du Japon pour étudier l'abrasion des chaussées. La deuxième partie traite des propriétés antiabrasives de certains liants bitumineux contenant des produits d'addition (caoutchouc, résines époxydiques, etc.) à partir d'observations faites sur plusieurs tronçons témoins. La dernière partie compare les méthodes d'essai utilisées au Japon pour étudier le phénomène de l'abrasion, en particulier aux bureaux régionaux du ministère de la Construction.

5e SÉANCE

EXPOSÉ N° 3

La caractérisation des constituants des chaussées souples

M. J. Emery

Résumé

La caractérisation des constituants des chaussées souples doit tenir compte de la capacité portante et des besoins de drainage. Le module d'élasticité et le coefficient de Poisson qui caractérisent le béton bitumineux des couches de surface et de liaison (éprouvettes préparées en laboratoire et carottes d'âges divers), les granulats des couches de fondation (divers types et catégories d'utilisation) et les matériaux d'infrastructure typiques sont traités par le biais des matériels nouveaux, des méthodes d'essai et des résultats généraux comparés aux données habituelles de la documentation technique existante sur le sujet. Les matériaux enrobés ont été testés à l'aide d'un simple appareil de mesure du module d'élasticité diamétrale, tandis que les matériaux non enrobés ont dû être testés par la méthode d'essai triaxial dynamique en raison de l'importance de délimiter les influences. Pour l'étude des matériaux de fondation et d'infrastructure, on a aussi pris en compte les facteurs d'interaction de la perméabilité, ce qui a nécessité l'essai de la perméabilité d'éprouvettes de calibre CBR préparées en fonction des conditions prévalant sur le terrain. Les niveaux de contrainte et les conditions climatiques propres à l'Ontario ont été adoptés.

L'auteur résume les résultats des recherches et insiste en particulier sur l'évolution du matériel et des méthodes d'essai. Il rapporte les observations les plus significatives comme les effets du vieillissement sur le module d'élasticité du béton bitumineux, qui tendent à être plus importants que les différences entre les enrobés, et traite du calcul du module d'élasticité et de la perméabilité des matériaux granulaires. La conclusion est que l'utilisation de matériaux de fondation à granulométrie fermée permet d'améliorer la capacité portante de la chaussée, mais souvent au détriment de la qualité du drainage naturel essentiel au bon comportement de la chaussée à long terme.

Les recherches dont parle l'auteur ont été financées par le ministère des Transports et des Communications de l'Ontario.

Le renforcement des chaussées asphaltées avec un géotextile en matière plastique haute résistance

M. A.O. Abdelhalim, Mme L. Steele et M. R. Haas

Résumé

Le renforcement des chaussées souples est une notion connue depuis de nombreuses années, et quelques essais d'utilisation d'armatures métalliques ou autres ont été tentés, sans donner de résultats concluants tant du point de vue coût que du point de vue performance.

Il existe cependant depuis peu un géotextile en matière plastique haute résistance connu sous le nom de Tensar, et qui offre plusieurs possibilités dans le domaine du génie civil, en particulier pour le renforcement des chaussées. Il a donc été décidé, au début de l'année 1981, de mettre sur pied un programme de recherche dont la première phase consistait à examiner les possibilités d'application d'une variété de matériaux, dont la toile Tensar, pouvant éventuellement servir d'armature de chaussée. On a conclu, à l'issue de cette première phase, que le Tensar présentait en effet des possibilités intéressantes et devrait par conséquent faire l'objet d'études plus approfondies.

Un programme initial d'essais du Tensar en polyéthylène fut réalisé en 1981. L'objectif était d'établir la courbe contrainte-déformation du Tensar afin d'être en mesure de prévoir son comportement dans des conditions de charges et de températures variées.

Suivit, dans la dernière moitié de 1981 et le début de 1982, un programme complet d'essais modèles sur des chaussées renforcées et des chaussées non renforcées. L'exposé décrit les modalités d'exécution de ce programme et donne les résultats comparatifs qui furent obtenus.

Les variables dont il fallait tenir compte étaient les différentes épaisseurs de revêtements bitumineux, le fait que certaines sections étaient renforcées et d'autres pas, et les différents degrés de résistance de l'infrastructure. On appliqua des charges dynamiques répétées pour simuler le trafic de camions chargés et on mesura la déformation cumulative permanente, le rebondissement statique, la fissuration par fatigue, etc. L'une des séries d'essais permit d'apprécier, à l'aide d'appareils de mesure spéciaux, les contraintes de traction dynamique et statique subies par le Tensar lui-même à la base de la couche d'asphalte, ainsi que les contraintes verticales au niveau de l'infrastructure.

Les résultats montrèrent que le géotextile Tensar est une armature très efficace car il accepte le double des charges répétitives tolérées par les autres types d'armatures, ce qui permet de réduire de 50 à 100 mm l'épaisseur de la chaussée et de minimiser la fissuration par fatigue. Les résultats obtenus dans la première phase du programme semblent justifier pleinement une deuxième phase pour l'élaboration de nouvelles techniques de construction routière et la réalisation d'essais à grande échelle sur le terrain.

6e SÉANCE

Titre: La recherche sur les produits d'addition

Président: M. R.W. (Bill) Culley
Ministère des Routes et des Transports de la Saskatchewan

Exposés:

1) Les bitumes modifiés et la recherche sur l'élaboration de nouveaux mélanges caoutchouc-bitume au Japon, MM. Hiroyuki Tada, anciennement à l'emploi du ministère de la Construction du Japon, Minoru Makita, Takashi Iijima et Hiroyuki Sakamoto, Institut de recherche des travaux publics, ministère de la Construction du Japon

2) Rapport sommaire d'une étude de l'ARTC sur les produits d'addition et de remplacement pour les bitumes routiers, M. Ralph C.G. Haas, Pavement Management Systems, Paris (Ontario) et al

Les bitumes modifiés et la recherche sur l'élaboration de nouveaux mélanges caoutchouc-bitume au Japon

MM. H. Tada, M. Makita, T. Iijima et H. Sakamoto

Résumé

Au Japon, on utilise divers types de bitumes modifiés pour les besoins spéciaux de la construction des chaussées, notamment la résistance au fluage et à l'usure.

Par suite de l'augmentation de la densité du trafic et de la prolifération récente des véhicules lourds, les bitumes modifiés sont devenus insuffisants pour prévenir le fluage dans les régions à climat tempéré et l'usure dans les régions à climat froid.

L'exposé décrit l'état actuel de la technologie des bitumes modifiés au Japon et donne un aperçu de la recherche en cours pour l'élaboration de nouveaux mélanges caoutchouc-bitume permettant de répondre aux nouveaux besoins des routes à trafic lourd quant à la résistance au fluage et à l'usure.

Rapport sommaire d'une étude de l'ARTC sur les produits d'addition et de remplacement pour les bitumes routiers

MM. R. Haas, E. Thompson, F. Meyer et G.R. Tessier

Résumé

Le Canada est aux prises avec un certain nombre des principaux problèmes associés aux chaussées asphaltées, et ces problèmes ont de sérieuses répercussions sur la performance et le coût du réseau routier. En 1981, le Conseil de recherche coopérative de l'Association des routes et transports du Canada (ARTC) proposa d'utiliser certains produits d'addition et de remplacement pour aider à réduire, voire résoudre, ces problèmes.

C'est pourquoi l'ARTC a mis sur pied en 1981, avec l'appui financier du Conseil de recherche coopérative et de Transports Canada, un projet de recherche intitulé Étude sur les produits d'addition et de remplacement pour les bitumes routiers. Le présent exposé donne un résumé du rapport d'étude.

Dans leur introduction, les auteurs du présent exposé décrivent brièvement les objectifs de l'étude mentionnée ci-dessus. Ils donnent une définition pratique des produits d'addition et citent les raisons qui justifient l'emploi de ces matériaux.

Les auteurs poursuivent en énonçant les principaux problèmes que posent les chaussées asphaltées au Canada et font une revue des possibilités offertes par les produits d'addition, des types de produits qui existent présentement et de leurs caractéristiques. Ils décrivent ensuite une méthode d'appréciation des produits d'addition et l'utilisent pour déterminer les types de produits les plus prometteurs. Un bref aperçu de l'état actuel du marché nous est présenté et l'exposé se termine par un énoncé des besoins en matière de recherche.

PARTIE III

CONCLUSIONS

Résultats de l'atelier, compte rendu
des discussions et programme d'orientation

CONCLUSIONS

L'atelier visait trois objectifs principaux. Le premier et le plus important était l'échange d'information technique par la présentation d'exposés visant à faire connaître aux participants l'état actuel de la technologie en matière de revêtements routiers dans les régions à climat froid. Le compte rendu des discussions est résumé dans la partie II du présent document.

Le deuxième objectif était de définir les besoins et les possibilités en matière de recherche et de développement, et le troisième et dernier objectif était de déterminer la direction que doit prendre le programme de coopération entre le Canada et le Japon concernant l'étude des revêtements routiers dans les régions à climat froid.

Lors de la séance de clôture des travaux, présidée par M. Peter Eggleton, directeur du CDT, les deux derniers objectifs ont été examinés et traités en détail par les participants.

Les exposés et la table ronde ont permis de dresser la liste des questions d'intérêt commun pouvant éventuellement faire l'objet d'un programme de recherche mixte. Cette liste est divisée en quatre grands domaines.

Les produits d'addition

- pour contribuer à prévenir la remontée des fissures
- pour prévenir le vieillissement des enrobés
- pour prévenir ou retarder le désenrobage
- pour prévenir l'usure due aux pneus à crampons
- pour améliorer les enrobés ou agir comme agents de régénération

La gestion des chaussées

- l'appréciation de la qualité de service des chaussées et l'établissement de critères d'appréciation adéquats

- la collecte des données par ordinateur et l'utilisation de ces données dans le processus de décision en matière de réfection routière

- l'entretien préventif comme critère de gestion des chaussées

Les effets des basses températures sur les chaussées

- les spécifications des liants et l'amélioration du comportement des chaussées dans les régions à climat froid

- le problème de la fissuration à basse température, et en particulier les méthodes utilisées pour prévenir la remontée des fissures ou en éliminer les effets, comme l'utilisation d'enrobés ouverts et de bitumes plus fluides

- définition d'une approche systématique tenant compte de toutes les variables intervenant dans le phénomène de la fissuration à basse température

Construction et conception

- assurance de la qualité

- similarités entre le Canada et le Japon concernant les critères de conception des chaussées

En plus des sujets énumérés ci-dessus, l'atelier a accordé une grande importance aux questions suivantes:

i) Les causes, le traitement et l'élimination de la remontée des fissures, c'est-à-dire l'étude du phénomène et des traitements éventuels pour prévenir, retarder et éliminer ses effets, comme l'utilisation de produits d'addition dans les liants bitumineux.

ii) Les critères de gestion des chaussées, c'est-à-dire l'appréciation de la qualité de service et l'utilisation de critères appropriés dans le processus de décision en matière de gestion des chaussées.

À la fin des séances de discussion, les participants ont décidé à l'unanimité de recommander la tenue d'un autre atelier d'ici deux ou trois ans sur le problème des revêtements routiers dans les régions à climat froid. Cet atelier aurait pour objet de poursuivre les échanges sur les deux grands thèmes décrits ci-dessus. Voici une liste des sujets proposés par les participants:

La prévention et le traitement des fissures dans les nouvelles chaussées et la remontée des fissures

- applications et efficacité des produits d'addition du bitume comme les produits à base de polymère

- nouvelles techniques et nouveaux matériaux

- dosage des constituants et conception des structures de chaussées

- analyse théorique de la remontée des fissures

- matériaux, techniques et matériels utilisés pour combattre la remontée des fissures

La gestion des chaussées

- critères et méthodes d'appréciation de la qualité de service des chaussées

- principes et applications de la collecte des données et de leur analyse par ordinateur

- critères d'évaluation de la qualité de service de diverses catégories de routes
- programme et méthodes d'entretien préventif
- prédiction des cycles de vie selon divers procédés de réfection des chaussées
- planification budgétaire

Il a été convenu de confier aux représentants officiels des deux pays la mise sur pied d'un programme précis de coopération Canada-Japon. Les participants ont en outre recommandé que tout projet nécessitant des investissements importants et une structure plus formelle fasse l'objet d'un programme de recherche bilatéral.

Pour conclure, il convient d'analyser les réalisations de l'atelier par rapport aux cinq objectifs qui avaient été établis au préalable. Nous les énumérons à nouveau, pour mémoire, tels qu'ils sont présentés à la Partie I.

Objectifs visés par l'atelier

1) échanger de l'information sur l'état actuel de la recherche et de l'expérience canadienne et japonaise dans le domaine des revêtements routiers dans les régions à climat froid;

2) approfondir les connaissances dans le domaine et la compréhension des problèmes associés à la mise en oeuvre des revêtements routiers dans les régions à climat froid;

3) définir les besoins et les possibilités d'action pouvant faire l'objet de recherche et de développement;

4) définir les projets de recherche auxquels pourraient participer conjointement les chercheurs canadiens et les chercheurs japonais;

5) publier le compte rendu de l'atelier.

Les deux premiers objectifs ont été pleinement atteints avec la présentation des exposés par les participants. Les périodes de discussion qui ont suivi chaque exposé étaient amplement suffisantes pour permettre aux participants d'apporter les éclaircissements et de faire les mises au point qu'ils jugaient nécessaires. Ces échanges se sont révélés aussi bénéfiques que les exposés et, dans bien des cas, ils ont permis d'éclaircir certains points problématiques.

Le cinquième objectif a été atteint grâce à la contribution très efficace du ministère des Transports et des Communications de l'Ontario qui a préparé un compte rendu fort intéressant et détaillé des discussions. Ce document a été remis aux participants à l'issue de l'atelier, ce qui leur a permis d'emporter avec eux un rapport complet et définitif des travaux.

Les besoins et les possibilités en matière de recherche, qui constituaient le troisième objectif, ont pu être définis lors d'une table ronde organisée pour la séance de clôture, et durant les rencontres qui ont eu lieu entre les séances.

Finalement, et pour répondre au quatrième objectif, l'orientation future des échanges a pu être établie, à l'instigation de MM. Phang, Iijima et Eggleton. Les représentants des deux pays poursuivront les efforts dans ce sens.

L'atelier sur les revêtements routiers dans les régions à climat froid a atteint tous ses objectifs et a même permis d'aller encore plus loin en créant un climat de coopération des plus propices. Les liens formés entre Canadiens et Japonais au cours des ateliers sont de nature à favoriser l'établissement de relations d'amitié et de coopération durables. Cette réalisation, qu'on ne peut mesurer en termes quantitatifs mais qui conditionne le succès de toute entreprise commune, pourrait se révéler à long terme l'un des résultats les plus significatifs de l'atelier.

ANNEXES

(A) CALENDRIER DES ACTIVITÉS

(B) LISTE DES PARTICIPANTS

(C) DONNÉES DE RÉFÉRENCE POUR LA TOURNÉE D'INSPECTION

(D) COMPTE RENDU DES DISCUSSIONS

ANNEXE A

CALENDRIER DES ACTIVITÉS

LUNDI 18 OCTOBRE (matinée)

7 h 30 à 8 h 30 - Inscription:

9 h - 1re séance: LA FISSURATION À BASSE TEMPÉRATURE

Séance d'ouverture: Président, Ian F. Gilbert (Transports Canada)

Mot de bienvenue: R.G. Harvey, Ministre adjoint, ministère des Routes et des Transports de la Colombie-Britannique

Discours inaugural: Peter Eggleton, Centre de développement des transports (Transports Canada)

9 h 45 - La fissuration des revêtements bitumineux à basse température, MM. Teruo Sugawara et Akihiro Moriyoshi, Université de Hokkaido, et M. Hiroshi Kubo, Bureau de développement de Hokkaido (Japon)

La fissuration des revêtements bitumineux à basse température - Reconsidération, M. A. Laforte, Centre de recherche et de contrôle en construction, et M. Hode Keyser, École polytechnique de Montréal

L'application des observations sur le terrain et des méthodes de prédiction des déformations pour l'amélioration de la résistance des chaussées à la fissuration à basse température, M. Ken O. Anderson, Université de l'Alberta

La fissuration à basse température des chaussées aéronautiques par suite du durcissement des revêtements en béton bitumineux, MM. K. Sato, T. Fukute et Y. Hachiya, Institut de recherches portuaires, ministère des Transports du Japon

12 h: Déjeuner

LUNDI 18 OCTOBRE (après-midi)

1 h 30 - 2e séance: LES MATÉRIAUX ET TECHNIQUES DE CONSTRUCTION UTILISÉS DANS LA LUTTE CONTRE LES EFFETS DU GEL DANS LES SOLS, président, M. T. Iijima, Institut de recherche des travaux publics, ministère de la Construction du Japon

Considérations sur la nature des matériaux routiers et la conception des chaussées dans les régions à climat froid, M. Fred D. Young, ministère des Routes et des Transports du Manitoba

Conception, construction et entretien des voies express à revêtement bitumineux dans les régions à climat froid, MM. S. Kanaya, T. Kawashima et I. Fukushima, Nihon Doro Kodan

Les effets du gel et du dégel sur les caractéristiques de déformation de l'infrastructure des chaussées routières et aéronautiques dans les régions à climat froid, MM. D.E. Pufahl et Art T. Bergan, Université de la Saskatchewan

Conception, construction et sensibilité au gel d'une sous-fondation routière en argile maritime stabilisée à la chaux, MM. A. Murray Batten et Alan J. Hanks, ministère des Transports et des Communications de l'Ontario

MARDI 19 OCTOBRE (matinée)

9 h - M. Don Martin annonce qu'il y aura une tournée d'inspection.

3e séance: LA PÉNÉTRATION DU GEL DANS LES CHAUSSÉES ET LA PRÉVENTION DU SOULÈVEMENT DÛ AU GEL, président, M. Saburo Matsuno, Université de Kanazawa

Mesure et prédiction de la pénétration du gel dans les chaussées, MM. R.A. Chisholm et William A. Phang, ministère des Transports et des Communications de l'Ontario

Mesures de prévention du soulèvement dû au gel dans les chaussées, M. Hiroshi Kubo, Institut de recherche en génie civil, Bureau de développement de Hokkaido

Expérience d'isolation de la chaussée à Val Gagné, MM. T.M. Louie, société Dow Chemical Canada Inc., et W.A. Phang et R.A. Chisholm, ministère des Transports et des Communications de l'Ontario

Utilisation des enrobés ouverts mélangés et posés à froid pour réduire la fissuration transversale dans les revêtements routiers, MM. W.H. MacDonald, municipalité de Muskoka, et D.F. Lynch et J.A. Cooper, ministère des Transports et des Communications de l'Ontario

12 h - Déjeuner

MARDI 19 OCTOBRE (après-midi et soirée)

1 h 30 - 4e séance: LA PRÉVENTION ET L'ÉLIMINATION DE LA REMONTÉE DES FISSURES, président, M. Fred Young, ministère des Routes et des Transports du Manitoba

La prévention de la remontée des fissures, MM. J. Bev MacMaster et W.E. Blum, ministère des Transports et des Communications de l'Ontario

L'entretien et la réfection des chaussées et les méthodes de prévention de la remontée des fissures, MM. Takashi Iijima, Institut de recherche des travaux publics, ministère de la Construction du Japon, et Saburo Matsuno, Université de Kanazawa

L'entretien de la couche de surface d'un tronçon témoin - 1975, MM. R. Bill Culley et Gary H. Heiman, ministère des Routes et des Transports de la Saskatchewan

Le colmatage des fissures des chaussées souples dans les régions à climat froid, M. George J. Chong, ministère des Transports et des Communications de l'Ontario

6 h - Réception

7 h - Dîner (offert par le Centre de développement des Transports, Transports Canada)

Conférencier: M. Henry Wakabayashey, directeur adjoint à la N.E. Coal Development, Vancouver

MERCREDI 20 OCTOBRE (matinée)

9 h - 5e séance: LES MATÉRIAUX ROUTIERS, président, M. Hiroshi Kubo, Institut de recherche en génie civil, Bureau de développement de Hokkaido

Les caractéristiques de certains enrobés bitumineux à basse température et leur application aux fins de calcul, MM. Atsuchi Kasahara, Institut de technologie de Hokkaido, et Ralph C.G. Haas, Université de Waterloo (Ontario)

Le problème de l'abrasion sur les routes du Japon, MM. Takashi Iijima et Ippei Kojima, Institut de recherche des travaux publics, ministère de la Construction du Japon

La caractérisation des constituants des chaussées souples, M. John J. Emery, Trow Ltd., Rexdale (Ontario)

Le renforcement des chaussées asphaltées avec un géotextile en matière plastique haute résistance, MM. Abdelhalim O. Abdelhalim et Ralph C.G. Haas, Université de Waterloo et Mme Louise Steel, Pavement Management Systems Ltd.

12 h - Déjeuner

MERCREDI 20 OCTOBRE (après-midi)

1 h 30 - 6e séance: LA RECHERCHE SUR LES PRODUITS D'ADDITION, président, M. R. Bill Culley, ministère des Routes et des Transports de la Saskatchewan

Les bitumes modifiés et la recherche sur l'élaboration de nouveaux mélanges caoutchouc-bitume au Japon, MM. Hiroyuki Tada, anciennement à l'emploi du ministère de la Construction du Japon, et Minoru Makita, Takashi Iijima et Hiroyuki Sakamoto, Institut de recherche des travaux publics, ministère de la Construction du Japon

Rapport sommaire d'une étude de l'ARTC sur les produits d'addition et de remplacement pour les bitumes routiers, M. Ralph C.G. Haas, Pavement Management Systems, Paris (Ontario) et al

Pause-café

Table ronde sur les programmes mixtes de recherche en matière de produits d'addition et de remplacement, MM. William A. Phang, ministère des Transports et des Communications de l'Ontario, Ralph C.G. Haas, Université de Waterloo, Takashi Iijima, Institut de recherche des travaux publics, ministère de la Construction du Japon et Teruo Sugawara, Université de Hokkaido

4 h - Séance de clôture: Y A-T-IL LIEU DE POURSUIVRE LES CONSULTATIONS SUR LES REVÊTEMENTS ROUTIERS DANS LES RÉGIONS À CLIMAT FROID? président, M. Peter Eggleton, Transports Canada, Centre de développement des transports

Merci de votre collaboration.

TOURNÉE D'INSPECTION - JEUDI 21 OCTOBRE (matinée et après-midi)

8 h - Tournée d'inspection sous la direction de M. Don F. Martin, ingénieur routier au ministère des Routes et des Transports de la Colombie-Britannique

Assistants:
M. Dick Callaghan, chef des opérations - Revêtements
M. Ric Meidinger, directeur régional - Chaussées, Kamloops
Transport par autocar assuré à titre gracieux par le Centre de développement des Transports, Transports Canada

Programme de la tournée (heures approximatives)

21 octobre

8 h	- Départ de Vancouver
10 h à 10 h 30	- Pause-café - Hope
11 h	- Inspection d'une chaussée construite en 1982
12 h à 13 h 30	- Déjeuner à Princeton
13 h 30	- Inspection d'un tronçon témoin revêtu d'un enrobé additionné de Chem-Crete, près de Keremeos
15 h à 15 h 15	- Thé à Penticton
17 h 30	- Nuit de jeudi à vendredi au Vernon Lodge Inn, à Vernon (Colombie-Britannique), dîner à l'hôtel

22 octobre

8 h 15	- Départ de Vernon
10 h 30 à 11 h	- Pause-café à Adam's River
11 h 30	- Inspection d'un tronçon témoin traité contre la fissuration transversale
12 h 30 à 13 h 30	- Déjeuner à Kamloops
14 h	- Spencer Bridge
17 h 30	- Hôtel Vancouver

ANNEXE B

LISTE DES PARTICIPANTS

LES REVÊTEMENTS ROUTIERS DANS LES RÉGIONS À CLIMAT FROID - LISTE DES PARTICIPANTS

19 octobre 1982

Professor Ken O. Anderson, Department of Civil Engineering, The University of Alberta, Edmonton, Alberta T6G 2G7

M. G.H. Argue, Direction des installations aéroportuaires, Pistes, Transports Canada, Tour C, Place de Ville, Ottawa (Ontario) K1A 0N5

Mr. Murray Batten, Head, Quality Assurance Section, Construction Office, Ontario Ministry of Transportation and Communications, 355 Counter Street, Kingston, Ontario

Mr. R.H. Bjerke, Surfacing Standards Engineer, Alberta Transportation, 117 Grandin Village, St. Albert, Alberta

Mr. John R. Callaghan, Surfacing Operation Superintendent, British Columbia Ministry of Transportation and Highways, 940 Blanshard Street, Victoria, British Columbia V8W 3E6

Mr. G.J. Chong, Research Engineer, Research and Development Branch, Ontario Ministry of Transportation and Communications, Room 331, Central Building, 1201 Wilson Avenue, Downsview, Ontario M3M 1J8

Mr. R.K. Coates, Regional Highways Program Manager, Public Works Canada, 1155 Alberni Street, Vancouver, British Columbia

Mr. R.W. Culley, Director of Research, Saskatchewan Department of Highways and Transportation, 1610 Park Street, Regina, Saskatchewan S4N 2G1

Mr. B.C. Draper, Senior Project Supervisor, British Columbia Ministry of Transportation and Highways, 523 Columbia Street, Kamloops, British Columbia

M. P.L. Eggleton, directeur exécutif, Transports Canada, Centre de développement des transports, 1000, rue Sherbrooke ouest, C.P. 549, Montréal (Québec) H3A 2R3

Dr. John J. Emery, Manager, Advanced Technical Services, Trow Ltd., 43 Baywood Road, Rexdale, Ontario M9V 3Y8

Mr. I. Fukushima, Assistant Chief, Pavement Section, Laboratory, Hihon Doro Kopan, 1876 - 244, Honmachida, Machidashi, Tokyo, Japan

M. Ian F. Gilbert, Transports Canada, Direction de la planification de l'énergie, 21e étage, Tour C, Place de Ville, Ottawa (Ontario) K1A 0N8

Mr. David S. Greeley, Research Engineer, Dow Chemical Canada Inc., 1148 Afton Drive, Apartment 302, Sarnia, Ontario N7S 5B7

Professor Ralph C.G. Haas, Civil Engineering Faculty, University of Waterloo, Waterloo, Ontario N2L 3G1

Mr. T. Hara, Senior Investigator, Research Center on Public Works, 6-4-21, Akasaka, Minato-Ku, Tokyo, Japan

Dr. D.R. Haughton, Special Project Engineer, British Columbia Ministry of Transportation and Highways, 940 Blanshard Street, Victoria, British Columbia V8W 3E6

Mlle Catherine Hirou, ingénieure en recherche, Transports Canada, Centre de développement des transports, 1000, rue Sherbrooke ouest, C.P. 549, Montréal (Québec) H3A 2R3

Mr. Takashi Iijima, Chief, Pavement Division, Public Works Research Institute, Ministry of Construction, Tsukuba Science City, Ibaraki Pref. 305, Japan

Mr. K. Ishigami, Assistant General Manager, Slag Division, Nippon Kokan K.K., 1-1-2 Marunouchi, Chiyoda-Ku, Tokyo, Japan

Mr. Hiroshi Ishii, Group Leader TSND, Dow Kakoh K.K., 11-2 Satsuki Cho, Kanuma Shi, Tochigi Ken, Japan

Dr. Atsuski Kasahara, Associate Professor, Hokkaido Institute of Technology, 419 Teine Maeda, Nishi-Ku, Sapporo, Hokkaido, Japan

Mr. Ota Kenji, Technical Section, Nichireki Chemical Industry Co. Ltd., 4-3-29 Kudan Kita, Chiyoda-Ku, Tokyo, Japan

Mr. J.W.G. Kerr, Director, Geotechnical and Materials Engineering, British Columbia Ministry of Transportation and Highways, 940 Blanshard Street, Victoria, British Columbia V8W 3E6

Dr. J. Hode Keyser, doyen adjoint à la recherche, Département des transports civils, École Polytechnique, Campus de l'Université de Montréal, C.P. 6079, Succursale A, Montréal (Québec) H3C 3A7

Mr. Ryoji Konno, Chairman, Technical Committee, Japan Society of Rubber in Asphalt, 11-24, 2 Chome, Tsukiji, Chuo-Ku, Tokyo

Mr. Olaf Kopvillem, Senior Research Chemist, Products Application Department, Shell Canada Ltd., 505 University Avenue, Toronto, Ontario M5G 1X4

Dr. Hiroshi Kubo, Chief of Pavement Laboratory, Civil Engineering Research Institute, Hokkaido Development Agency, Hiragashi 1-3, Toyohirku, Sapporo, Hokkaido, Japan

Mr. W.H. MacDonald, Maintenance Coordinator, District Municipality of Muskoka, Pine Street, P.O. Box 1720, Bracebridge, Ontario P0B 1C0

Mr. J. McDowell, Counsellor (Science and Technology), Canadian Embassy, Yamakatsu Building, 5th Floor, 5-32 Akasaka 8-chome, Tokyo, Japan

Mr. J.B. MacMaster, Senior Pavement Engineer, Engineering Materials Office, Ontario Ministry of Transportation and Communications, 1201 Wilson Avenue, Downsview, Ontario M3M 1J8

Mr. D.E. Martin, Director of Paving, British Columbia Ministry of Transportation and Highways, 940 Blanshard Street, Victoria, British Columbia V8W 3E6

Professor Saburo Matsuno, Civil Engineering Section, Faculty of Technology, Kanazawa University, 2-40-20, Kodatsuno, Kanazawa, Ishikawa, Japan (920)

Dr. N.W. McLeod, Vice President and Asphalt Consultant, McAsphalt Industries Ltd., Box 247, West Hill, Ontario

Mr. K. Nagai, Presentative Director, Nippon Slag Association, 2-11, Nishikicho, Kanda, Chiyoda-Ku, Tokyo, Japan

Mr. S. Numata, Manager, Slag Business Department, Nippon Slag Association, 2-6-3 Otemachi, Chiyoda-Ku, Tokyo, Japan

Mr. Renichi Onishi, Research Laboratory General Manager, 16 Kagurazaka, 2 Shinjuku, Tokyo, Japan

Mr. W.A. Phang, Head, Pavement Research, Research and Development Branch, Ontario Ministry of Transportation and Communications, 1201 Wilson Avenue, Downsview, Ontario M3M 1J8

Professor D.E. Pufahl, Department of Civil Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan S7N 0W0

Dr. John Robinson, Director of Technical Programs, Roads and Transportation Association of Canada, 1765 St. Laurent Boulevard, Ottawa, Ontario K1G 3V4

Mr. Takashi Saito, Technical Committee, Japan Society of Rubber in Asphalt, 6-1 Marunouch, 2 Chome, Chiyoda-Ku, Tokyo, Japan

Mr. K. Sato, Head, Runways Laboratory, Port and Harbour Research Institute, Ministry of Transport, 1-1, Nagase, 3 Chome, Yokosuka, Kanagawa, Japan

Professor Teruo Sugawara, Hokkaido University, Makomanai, Mimami-Ku, Sapporo, Japan

Mr. Kiroyuki Tada, Chairman of the Asphalt Paving Committee, Japan Road Association, 3-17-5, Mimami-Kanasuyama, Setagaya, Tokyo, Japan

Mr. R.G. Todrick, General Supervisor, City of Edmonton, 2930 Parsons Road, Edmonton, Alberta

Mr. Fred D. Young, Materials and Research Engineer, Manitoba Department of Highways, 1181 Portage Annex (Annex), Winnipeg, Manitoba R3G 0T3

ANNEXE C

DONNÉES DE RÉFÉRENCE POUR
LA TOURNÉE D'INSPECTION

LES REVÊTEMENTS ROUTIERS DANS LES RÉGIONS À CLIMAT FROID

(Tournée d'inspection)

Jeudi 21 octobre 1982 - Inspection d'un tronçon témoin revêtu d'un enrobé additionné de Chem-Crete, près de Keremeos

Vendredi 22 octobre 1982 - Examen d'un tronçon témoin traité contre la fissuration transversale, près de Kamloops

Compte rendu préparé par: M. J.J. Meidinger
Directeur régional, Chaussées
Kamloops

Compte rendu présenté par: M. B.C. Draper
Chef principal des travaux
Kamloops

ESSAI CHEM-CRETE
1980
ROUTE 3 - ENTRE HEDLAY ET KEREMEOS

Résumé

Cette expérience avait pour objet de comparer le comportement in situ d'un enrobé additionné de Chem-Crete et d'un enrobé non modifié.

Environ 6 tonnes de bitume Chem-Crete ont été expédiées de San Francisco et mélangées au bitume routier, dans les réservoirs de l'entrepreneur, à raison d'une part de Chem-Crete pour neuf parts de bitume routier. Environ 1085 tonnes d'enrobé additionné de Chem-Crete ont été mises en place en deux couches de 37 mm d'épaisseur chacune sur une longueur totale de 1,14 kilomètre.

Les essais et observations portant sur le comportement in situ nous révèlent que l'enrobé additionné de Chem-Crete durcit par vieillissement plus rapidement qu'un enrobé non modifié et qu'il se fissure et se désintègre dès la première année.

Introduction

La société Chem-Crete avait communiqué avec le ministère des Routes et des Transports de la Colombie-Britannique au sujet du bitume Chem-Crete et de son utilisation dans les enrobés de béton bitumineux. Ce produit était, selon eux, le résultat d'un nouveau procédé de raffinage censé améliorer toutes les caractéristiques du bitume: sa stabilité, sa résistance, sa durabilité, sa réaction aux variations de température, sa résistance à la fatigue et son étanchéité à l'eau. On affirmait également que le bitume Chem-Crete permettrait de réduire les coûts de construction initiaux car l'épaisseur d'enrobé nécessaire pour obtenir un bon revêtement pouvait être réduite dans une proportion pouvant aller jusqu'à 40 %.

Le Ministère décida de construire deux tronçons témoins avec du bitume additionné de Chem-Crete: un tronçon au sud des terres intérieures de la Colombie-Britannique, où les températures estivales sont très élevées, et l'autre au nord où les températures hivernales sont très basses.

Les pages qui suivent décrivent la construction du tronçon sud, situé près de Keremeos.

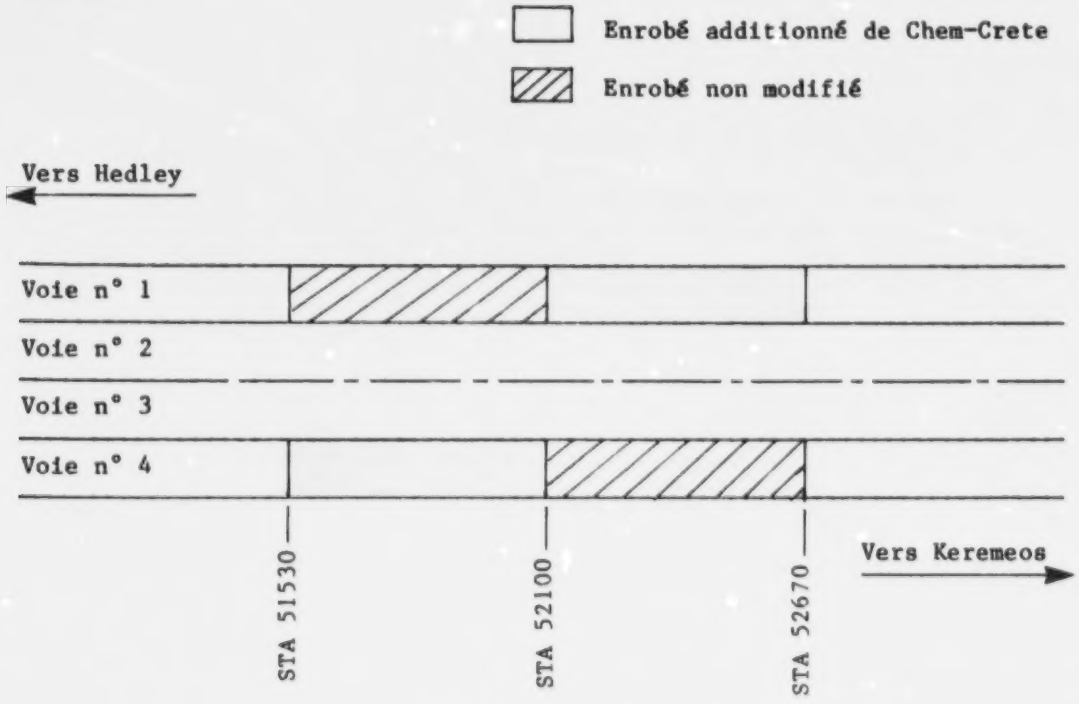
Emplacement et description du tronçon témoin

La section de la route 3 construite aux termes du projet S-792402 part de Keremeos et s'arrête à 6,3 km à l'ouest de Hedley.

Le tronçon témoin traité avec l'enrobé additionné de Chem-Crete mesurait 1,14 km, et était situé sur une route à quatre voies, à 13,6 km à l'est de Hedley.

La figure 1 donne le plan du tronçon témoin.

FIGURE 1



1) Les voies 2 et 3 constituaient auparavant une route à deux voies revêtue en dur.

2) Les voies 1 et 4 ont été récemment construites sur une fondation de gravier ordinaire.

3) Les quatre voies ont été revêtues de deux couches d'asphalte d'égale épaisseur pour un total de 75 mm.

Formule de dosage et travaux préliminaires

La société Chem-Crete a conseillé au Ministère de ne pas modifier la formule de dosage pour l'enrobé additionné de Chem-Crete. La formule suivante a donc été utilisée aussi bien pour l'enrobé modifié que pour l'enrobé non modifié:

Granulométrie

Tamis	% passant en masse
16,0 mm	100,0
13,2 mm	88,7
9,5 mm	75,4
4,75 mm	56,0
2,36 mm	46,6
1,18 mm	40,7
0,600 mm	29,6
0,300 mm	15,0
0,150 mm	7,8
0,075 mm	5,1

Formule de dosage

Température d'enrobage	139 (137-142)°C
Température de compactage	128 (126-131)°C
Teneur en bitume (pourcentage)	5,7
Densité relative apparente (éprouvette)	2,374
Densité relative apparente (granulat)	2,677
Pourcentage de vides	4,7
Pourcentage de vides dans le granulat minéral	16,1
Pourcentage de vides dans le granulat minéral avec fines	70,3
Charge Marshall en newtons	5902
Fluage Marshall (1/100 po)	6,8
Pourcentage de stabilité Marshall résiduelle	88,6
Pourcentage de bitume absorbé	0,617

Avant tout travail sur le terrain, un échantillon de bitume IOCO AC-8 additionné de 10 % de Chem-Crete fut soumis à des essais.

Voici les principaux résultats obtenus.

1. Liant modifié

   - Le pourcentage de pénétration résiduelle après l'essai TFOT était bas, ce qui indique que le produit durcit rapidement.
   - La sensibilité du produit aux variations de température est restée inchangée.
   - Le produit a subi une légère perte de ductibilité.
   - Le bitume provenant des briquettes qui avaient été mises à sécher pendant 28 jours à 45°C était très dur.

2. Enrobé modifié

   - augmentation de 70 % de la stabilité des échantillons mis à sécher à 45°C pendant 28 jours;

- indice de fluage légèrement plus élevé;

- stabilité Marshall résiduelle inchangée.

Construction du tronçon témoin

Le liant Chem-Crete a été expédié de San Francisco par camion citerne le 10 juin 1980. Environ 6,16 tonnes de liant furent utilisées pour la construction du premier tronçon témoin, situé au sud, et le reste de la livraison, soit 11,49 tonnes de liant, fut expédié à Fort St. John, emplacement du deuxième tronçon. Le bitume modifié a été obtenu par le mélange d'une part de bitume Chem-Crete et neuf parts de bitume Impérial AC-8.

La première couche qui représentait 441 tonnes d'enrobé modifié, fut mise en place le 11 juin 1980 dans des conditions atmosphériques idéales, et la deuxième couche qui, elle, représentait 644 tonnes d'enrobé modifié, fut mise en place le 23 juin 1980 dans les mêmes conditions.

Tous les contrôles de qualité et les relevés indiquent que l'enrobé était consistant et conforme à la formule de dosage établie.

Analyse du mélange modifié

Durant la construction, on a prélevé pour analyse 24 éprouvettes de liant, préparé 22 éprouvettes d'enrobé compacté et procédé à 38 carottages. Les résultats sont donnés aux tableaux 1, 2 et 3.

Certains des résultats obtenus sont particulièrement révélateurs. En voici quelques exemples:

La stabilité du mélange Chem-Crete fraîchement posé est de 7,5 % inférieure à celle du mélange non modifié. Quant à l'indice de fluage Marshall, il est inférieur de 5,5 %.

Après 28 jours de cure dans un bain d'air à 60°C, la stabilité du mélange non modifié n'avait augmenté que de 20,6 %, alors que celle du mélange Chem-Crete modifié avait augmenté de 88,7 %. On a aussi constaté une augmentation de 33,8 % de l'indice de fluage après la cure du mélange Chem-Crete.

Après 28 jours de cure dans un bain d'air à 60°C, le mélange AC-8 non modifié (section de contrôle) avait un indice de pénétration de 37-42 à 25°C. Dans le cas d'un mélange bitumineux posé sur une chaussée, il faudra compter une période d'environ 6 à 10 ans pour obtenir le même résultat.

Après 28 jours de cure dans un bain d'air à 60°C, le mélange additionné de Chem-Crete avait un indice de pénétration de 19-21 à 25°C. Un revêtement en mélange bitumineux non modifié se romprait à un indice de pénétration aussi bas.

Le liant dans la section fraîchement revêtue d'enrobé additionné de Chem-Crete avait le même degré de dureté (par vieillissement) qu'un liant non modifié en oeuvre depuis 8 à 12 ans.

Il n'y a pas de différence entre les mélanges modifiés et non modifiés pour ce qui est de la température critique (Tc).

La ductilité du bitume modifié Chem-Crete baisse considérablement (de +145 à 21 et 27) après 28 jours de cure à 60°C.

Analyse de la capacité portante

La déformation superficielle de la fondation granulaire a été vérifiée à la poutre de Benkelman avant la pose du revêtement; la même vérification a été faite sur le revêtement immédiatement après sa pose et à quatre reprises depuis: le 25 juillet 1980, le 28 octobre 1980, le 30 avril 1981 et le 8 septembre 1981.

Les résultats de ces essais permettent de conclure pour l'instant que l'utilisation d'un enrobé additionné de Chem-Crete n'a aucun effet sur la déformation superficielle de la chaussée.

Comportement de l'enrobé modifié

Au mois de janvier 1981, soit moins de sept mois après la construction du tronçon témoin, le revêtement était couvert de fissures et donnait, à certains endroits, des signes de désintégration et de détérioration avancée.

Il paraissait avoir vieilli (durci) prématurément, comme en témoignaient la fissuration anarchique, l'usure et l'érosion.

Cette détérioration continue d'ailleurs toujours, et ce, beaucoup plus rapidement que sur la partie revêtue avec le mélange non modifié.

Références

1. J. Sam, Jr., Chem-Crete Test Section - Field Report, 1980.

2. B. Varady, Final Report on Chem-Crete Test Section, Keremeos, 1980.

3. J.D. Newhort, Preliminary Report on Test Sections - Paving Project 2402 - Chem-Crete, 1980.

S-792402, TRONÇON TÉMOIN DE KEREMEOS
RÉSULTATS D'ESSAIS DU LIANT

	VISCOSITÉ @135°C	VISCOSITÉ @60°C	PÉNÉTRATION @25°C	PÉNÉTRATION @15,6°C	PÉNÉTRATION @10°C	Tc	% PÉNÉTRATION RÉSIDUELLE @25°C	DUCTILITÉ @25°C
Tronçon de contrôle, bitume AC-8 IOCO non modifié								
Couche inférieure								
AC original	216	817	82	22	10,5		100,0	+145
Après TFOT	299	1626	52	18	9,0	-25	63,4	+145
Fraîchement posé	292	1544	58	19	10,0	-27	70,7	+145
Après 28 jours de cure dans un bain d'air à 60°C	393	3069	37	15	8,0	-28	45,1	+145
Couche supérieure								
AC original	212	726	83	24	12,0		100,0	+145
Après TFOT	273	1427	53	17	9,5	-27	63,9	+145
Fraîchement posé	237	1313	65	21	11,0	-28	78,3	+145
Après 28 jours de cure dans un bain d'air à 60°C	343	2622	42	16	9,0	-29	50,6	+145
Bitume AC-8 additionné de Chem-Crete								
Couche inférieure								
AC original	195	560	105	28	13,0		100,0	+145
Après TFOT	290	1686	56	19	10,0	-28	53,3	+145
Fraîchement posé	369	3575	38	15	8,5	-29	36,2	+145
Après 28 jours de cure dans un bain d'air à 60°C	613	13256	21	10	6,0	-30	20,0	27
Couche supérieure								
AC original	189	512	120	32	14,0		100,0	+145
Après TFOT	301	1658	56	19	10,0	-28	46,7	+145
Fraîchement posé	510	7628	32	12	8,0	-30	23,3	+145
Après 28 jours de cure dans un bain d'air à 60°C	720	20069	19	9	5,5	-29	15,8	21

Note: 1. Les chiffres inscrits à la ligne "Fraîchement posé" sont les résultats d'essais du liant récupéré de l'enrobé posé.
2. Les chiffres inscrits à la ligne "Après 28 jours de cure" sont les résultats d'essais du liant récupéré des briquettes, après 28 jours de cure.

TABLEAU 1

S-792402, TRONÇON TÉMOIN DE KEREMEOS
RÉSULTATS D'ESSAIS DES BRIQUETTES

	Section de contrôle		Section Chem-Crete	
	Couche inf.	Couche sup.	Couche inf.	Couche sup.
Méthode standard				
Densité relative	2,420	2,425	2,424	2,423
Stabilité Marshall (N)	7311	7040	6648	6614
Fluage Marshall (1/100 po)	8,1	8,2	8,0	7,4
Après 28 jours de cure dans un bain d'air à 60°C				
Densité relative	2,421	2,426	2,426	2,425
Stabilité Marshall (N)	8388	8917	11912	13116
Fluage Marshall (1/100 po)	7,2	8,3	10,2	10,4

Note: 1. Chacun des résultats donnés ci-dessus représente la moyenne obtenue pour trois éprouvettes qui ont été préparées à des moments différents.

2. Les briquettes représentant la couche inférieure ont été préparées le 13 juin 1980 et celles représentant la couche supérieure ont été préparées le 23 juin 1980.

TABLEAU 2

S-792402, TRONÇON TÉMOIN DE KEREMEOS
TABLEAU DES CAROTTES DE CHAUSSÉE

	Profondeur de la chaussée	Densité relative	Degré de compacité	% densité de la chaussée
Section de contrôle				
Couche inférieure	1,5"	2,309	95,4	96,7
Couche supérieure	2,0"	2,313	95,4	96,9
Section Chem-Crete				
Couche inférieure	1,6"	2,345	96,7	98,2
Couche supérieure	2,0"	2,314	95,5	96,9

Note: 18 carottes ont été extraites de la couche supérieure et 20 carottes ont été extraites de la couche inférieure aux fins d'analyse de la densité et de l'élasticité de la chaussée.

TABLEAU 3

TRONÇONS TÉMOINS TRAITÉS CONTRE LA FISSURATION TRANSVERSALE ROUTE 97 - RÉGION DE MONTE LAKE

Résumé

L'objet de cette expérience était d'établir si le recyclage à froid sur place et la mise en oeuvre d'une armature géotextile pouvaient réduire ou empêcher la remontée des fissures transversales dans les revêtements neufs.

Cet essai de recyclage à froid sur place effectué sur trois sections témoins consistait à ajouter respectivement aux matériaux récupérés obtenus par le fraisage du revêtement un agent de rajeunissement appelé Cyclogen ME, une émulsion à mélanger à flottabilité élevée appelée HF500 (M) et une émulsion HF500 (M) additionnée de 40 % de granulat neuf. Les deux sections recyclées avec l'émulsion HF500 (M) ont donné la meilleure couche de base recyclée pour l'application à chaud d'une nouvelle couche de surface.

Les essais d'armatures géotextiles ont été effectués avec des tissés de polypropylène et des non-tissés de polyester provenant de trois fabricants différents. Les non-tissés de polyester ont été jugés les plus pratiques car ils ont moins tendance à se plisser au cours de l'installation.

Il reste à déterminer si ces méthodes auront réussi à réduire la remontée des fissures dans les tronçons témoins; l'expérience se poursuit et les résultats des observations feront l'objet de comptes rendus qui viendront s'ajouter aux annexes du présent document.

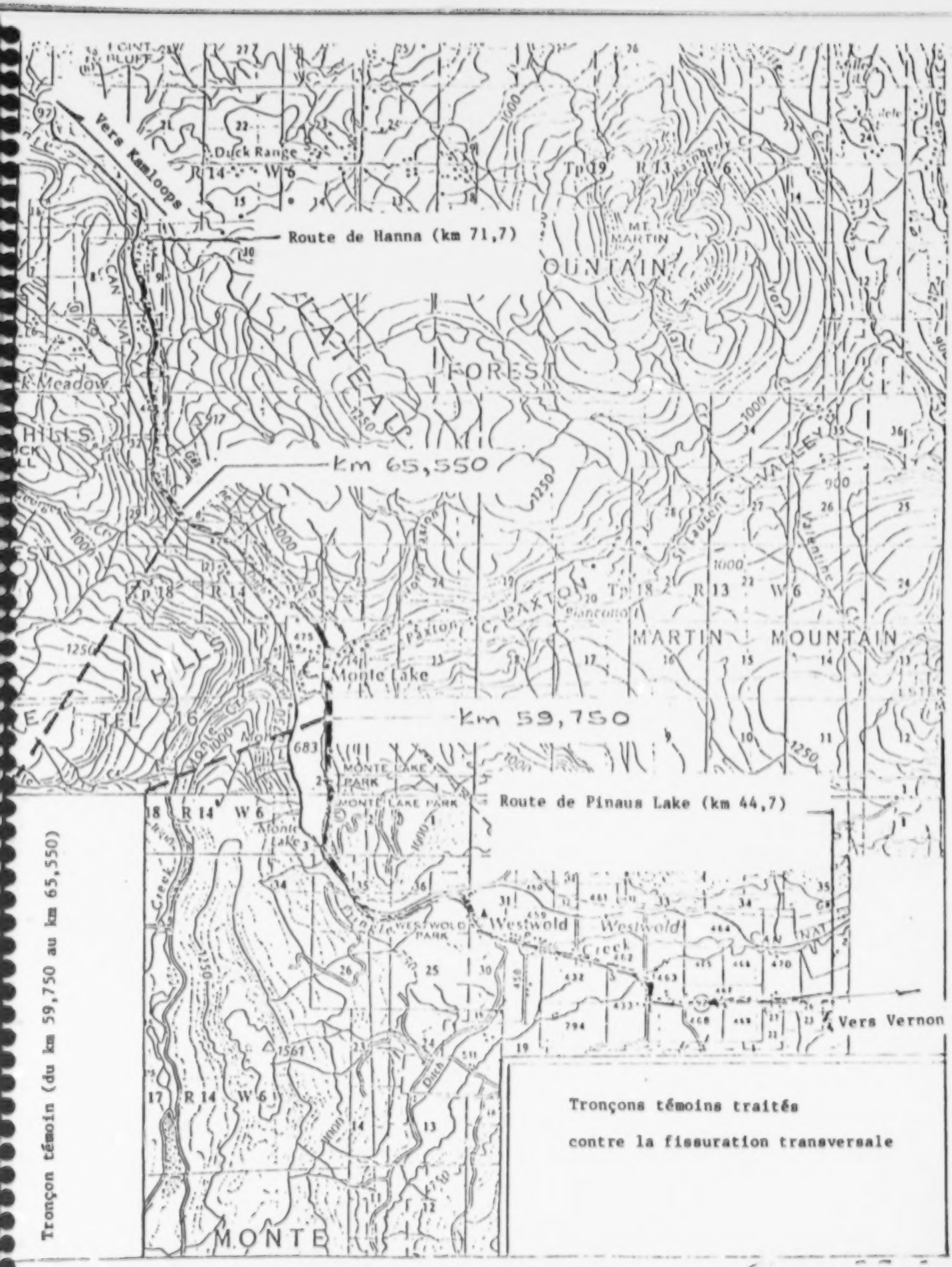
Introduction

Un tronçon de la route 97 (Vernon-Kamloops), revêtue à neuf en 1970, s'était détérioré à tel point qu'en 1980 on décida qu'il fallait le revêtir d'une nouvelle couche de surface en béton bitumineux et on fit un appel d'offres pour effectuer les travaux à l'été 1981 aux termes du contrat S-0645.

Le tronçon en question mesurait 27 km et commençait au km 44,7 de la route de Pinaus Lake et se terminait au km 71,7 de la route de Hanna (voir la figure 1).

Comme le Ministère avait prévu de reconstruire ce tronçon de route dans une dizaine d'années au maximum, il fut décidé de ne poser pour l'instant qu'une seule couche d'asphalte de 50 mm sur le revêtement existant pour maintenir la surface de roulement dans un état acceptable entre temps.

Le revêtement existant, qui datait de 1970, avait fait l'objet de scellements ponctuels en 1971 et présentait de nombreuses fissures transversales très rapprochées qui commençaient à causer son effritement dans le tracé des pistes de roulement des véhicules. Vers 1979, les réparations requises sur ce tronçon de route avaient atteint des proportions vraiment excessives.



Tronçon témoin (du km 59,750 au km 65,550)

Tronçons témoins traités

contre la fissuration transversale

Au Ministère, on n'était pas sans savoir que la faible épaisseur de la couche de surface prévue (50 mm), sur un support aussi fissuré, aurait comme effet d'entraîner la remontée des fissures dans le nouveau revêtement; mais on vit là une excellente occasion de faire l'essai in situ de diverses techniques censées éliminer la remontée des fissures transversales.

Description et emplacement des tronçons témoins

Les tronçons témoins choisis pour faire les essais de traitement contre la fissuration transversale avaient au total 5,8 km de longueur et étaient situés sur la route 97; ils commençaient à environ 1 km au sud du village de Monte Lake et s'arrêtaient à environ 4,8 km du village, en direction nord. Ils étaient divisés en trois sections.

Section A - Tronçon renforcé d'un géotextile

du km 59,750 au km 62,55 (2,8 km)

Section B - Tronçon recyclé à froid sur place

du km 62,950 au km 63,790 (0,84 km)

Section C - Tronçon de contrôle n'ayant subi aucun traitement

du km 63,790 au km 65,550 (1,76 km)

*le km 61,00 est situé à l'intersection de la route de Paxton Valley et de la route 97, dans le village de Monte Creek.

Les quantités de matériaux disponibles n'ont pas permis d'obtenir des tronçons continus et d'égale longueur.

Se reporter à la figure 2 pour connaître l'emplacement des tronçons témoins.

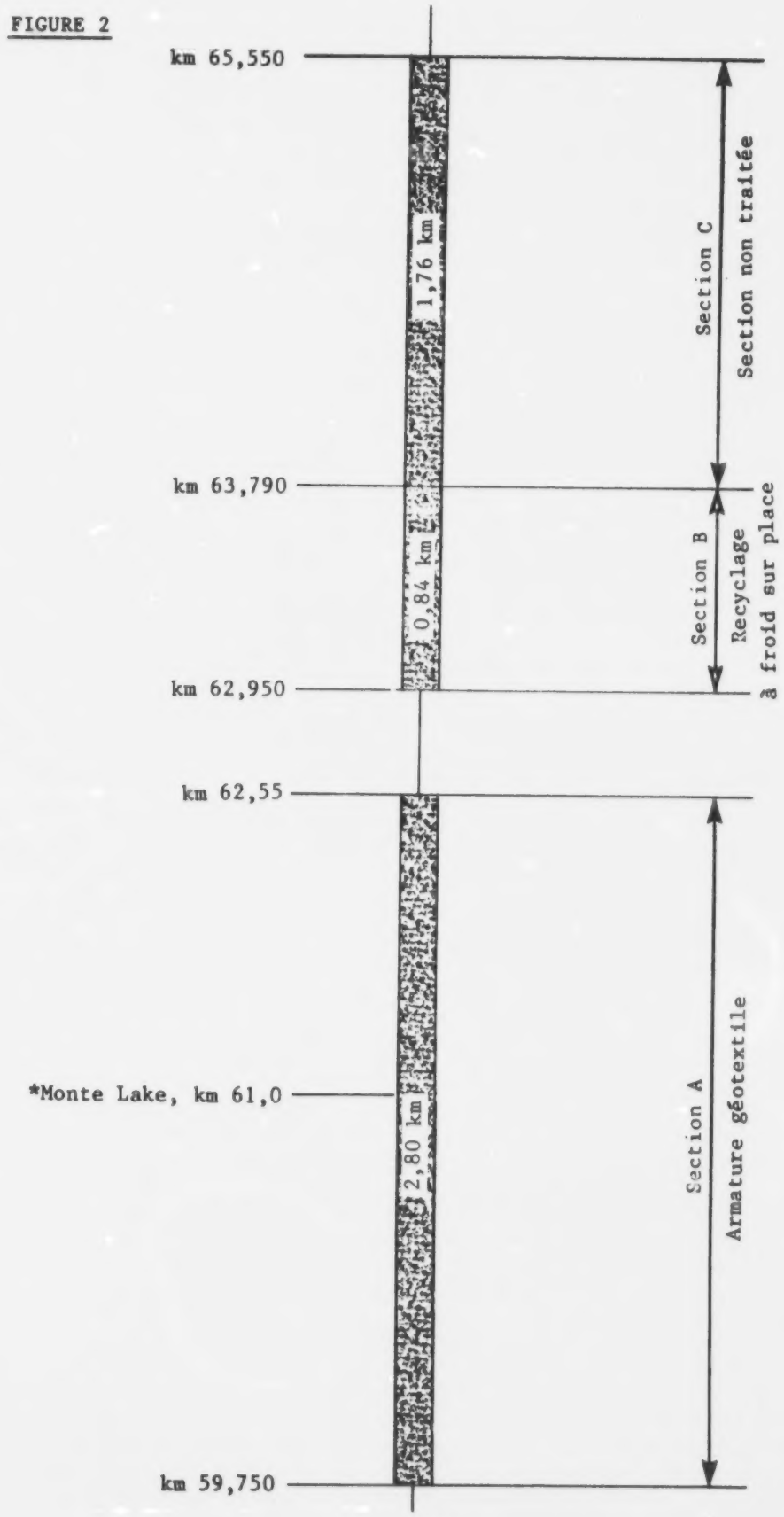
Le Ministère a choisi ces tronçons de route qui lui paraissaient représentatifs par le nombre de fissures transversales qu'ils comportaient et la gravité de la désintégration du revêtement qui en résultait. La topographie de la région permettait également de survoler la route à basse altitude et de faire le relevé des fissures existantes par photographie aérienne.

Préparation des tronçons témoins

Relevé photographique

Au printemps de 1981, on a survolé toute la longueur des tronçons témoins, soit du km 59,750 au km 65,550, afin de photographier les fissures transversales du revêtement existant qui devait être recouvert d'une nouvelle couche de surface. On a prévu de répéter cette opération chaque année par la suite afin de relever les remontées de fissures à mesure qu'elles apparaissent.

FIGURE 2


km 65,550
1,76 km
Section C
Section non traitée
km 63,790
0,84 km
Section B
Recyclage
à froid sur place
km 62,950
km 62,55
*Monte Lake, km 61,0
2,80 km
Section A
Armature géotextile
km 59,750

Colmatage des fissures

Les fissures des sections A et C ont été colmatées.

Au début, toutes les fissures devaient être colmatées avec l'émulsion de bitume HF150(S) et saupoudrées de sable fin à arêtes vives. On commença l'opération en injectant l'émulsion à l'aide d'un pulvérisateur manuel relié à un camion distributeur, mais seulement la moitié des fissures purent être traitées de cette façon car l'émulsion se décomposait dans le distributeur et le matériel d'injection. De toute façon, une grande partie des fissures qui avaient pu être colmatées ont été dégarnies sous l'action des pneus des véhicules avant l'application de la nouvelle couche de surface.

C'est pourquoi toutes les fissures du revêtement existant, y compris celles qui avaient été injectées de bitume HF150(S), durent être colmatées à la main avec un mélange de bitume et de sable fin avant l'application de la nouvelle couche de surface. Les joints regarnis furent ensuite cylindrés avec un petit rouleau.

Inventaire des fissures

En plus du relevé photographique, on procéda à un inventaire de toutes les fissures selon le nombre et le type à l'intérieur des repères mathématiques délimitant les sections étudiées.

Le tableau suivant donne les résultats de cet inventaire.

PRINTEMPS 1981 - INVENTAIRE DES FISSURES TRANSVERSALES DUES AU FROID

Type 1 - Fissure transversale de 0,6 m Longueur 3,0 m
Type 2 - Fissure transversale Longueur 3,0 m

		NOMBRE			FRÉQUENCE (Nombre/km)		
SECTION	Repères	Type 1	Type 2	Total	Type 1	Type 2	Total
Géotextile Section A	59,750 to 62,550 (2,8 km)	43	302	344	15	108	123
Recyclage à froid Section B	62,950 to 63,790 (0,84 km)	9	57	66	11	68	79
Section de contrôle	63,790 to 65,550 (1,76 km)	12	126	138	7	72	78
Moyenne	5,4 km			548			101

Section A - Essai de renforcement avec un géotextile

Comme le Ministère n'avait aucune expérience des géotextiles, il a d'abord fallu, avant de procéder à l'installation d'une membrane complète, faire l'essai d'échantillons de un mètre carré de manière à déterminer quel adhésif était le plus efficace et quelle quantité il fallait utiliser. On trouva que l'émulsion RS-2k appliquée à raison de 0,75 l/m^2 donnait les meilleurs résultats.

Les membranes ont été mises en place entre le 13 et le 16 juillet 1981, selon les indications de la figure 3, au moyen d'une dérouleuse fabriquée spécialement.

Voici un résumé des observations qui ont été faites sur chacune des quatre membranes utilisées.

1. Tissé Synflex Permaliner 2006

   - C'est le plus résistant de tous les géotextiles utilisés.
   - On constate quelques plissements et ondulations du tissé à la mise en place, en particulier dans les tournants.
   - L'enrobé bitumineux a tendance à se fendiller et se fissurer après le passage du lissoir et durant le compactage probablement parce que la surface de ce tissé est très lisse.

2. Non-tissé Synflex Permaliner 4545

   - La membrane fait des plis, en particulier dans les tournants.
   - Aucun problème de fendillement ou de fissurage de l'enrobé bitumineux.

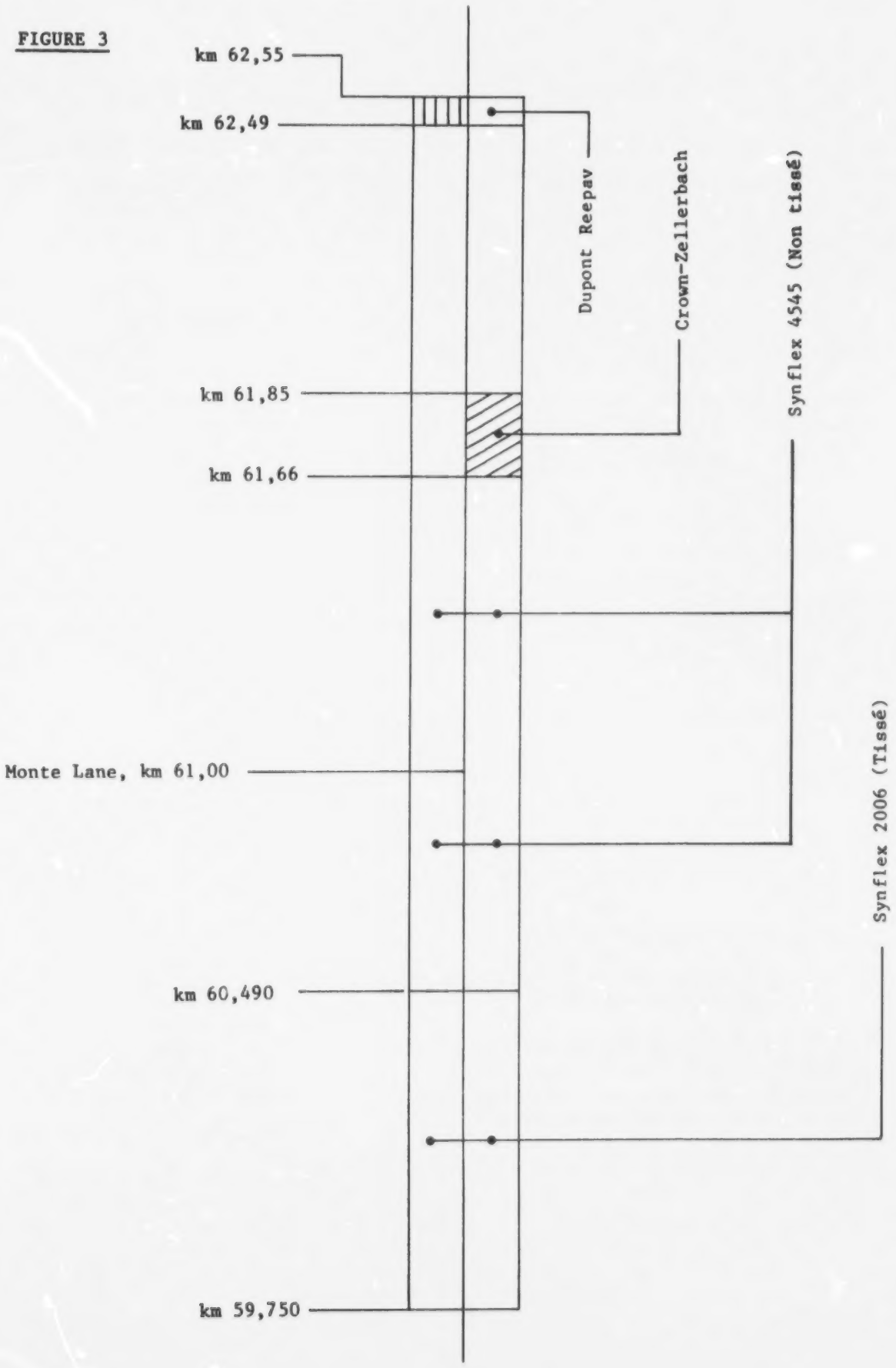
3. Non-tissé "Reepav" de Du Pont

   - Seulement 100 verges de ce type de membrane ont été mises en place.
   - L'enrobé bitumineux se fendillait et se fissurait au passage du rouleau compresseur.
   - La texture de cette membrane est celle d'un carton mince.
   - La membrane n'a pas été posée sur une assez grande longueur pour que l'essai soit concluant.

4. Non-tissé "Petromat" de Crown Zellerbach

   - Seulement 215 verges de ce type de membrane ont été mises en place.
   - L'apparence et la texture de cette membrane sont très semblables à celles de la membrane Synflex Permaliner 4545.

FIGURE 3


km 62,55
km 62,49
Dupont Reepav
Crown-Zellerbach
Synflex 4545 (Non tissé)
km 61,85
km 61,66
Monte Lane, km 61,00
Synflex 2006 (Tissé)
km 60,490
km 59,750

- Elle n'est pas aussi résistante que la Synflex 4545.

- De tous les géotextiles utilisés, c'est celui qui se plissait le moins.

- Il y avait très peu de plis dans les tournants et les tangentes.

Section B - Essai de recyclage à froid

1. Agencement de la section

Cet essai a été effectué selon trois méthodes différentes de recyclage à froid sur place. Le revêtement de la chaussée a été passé à la fraiseuse sur toute sa largeur (7,3 m) et sur une profondeur de 50 mm. L'enrobé de récupération a été mis en cordon sur l'accotement de la route et recyclé de la façon suivante:

a) Section B-1 (du km 62,95 au km 63,080) - 120 m

L'enrobé de récupération a été traité avec l'émulsion Cyclogen ME, qui est un agent de rajeunissement. Ce produit, fourni par Witco Chemical Canada Ltd. au prix de 1,14 $ par litre (au cours de 1981), était livré franc de port à pied d'oeuvre dans des barils de 200 litres.

La section B-1 ne mesure que 120 m de longueur, ce qui est insuffisant pour que les essais donnent des résultats très significatifs, mais on n'avait commandé que 2200 litres de Cyclogen et cette quantité ne pouvait couvrir qu'environ 120 m de longueur, au taux d'application établi.

b) Section B-2 (du km 63,070 au km 63,450) - 380 m

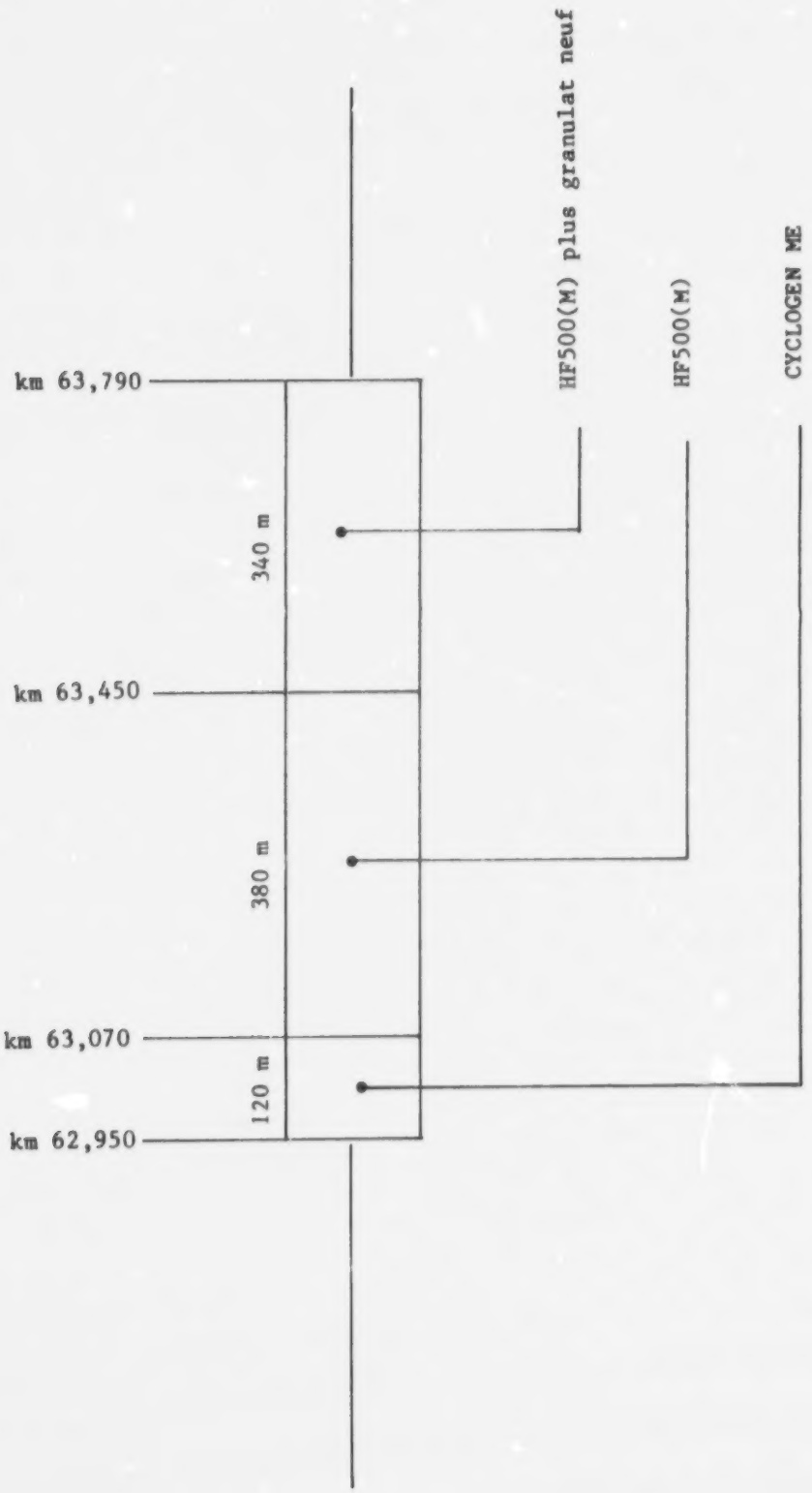
L'enrobé de récupération a été traité avec l'émulsion de bitume HF500(M), qui est un produit à mélanger à flottabilité élevée au coût de 0,2296 $/l (au cours de 1981) franc de port à pied d'oeuvre. Ce produit a été fourni et livré à pied d'oeuvre, en camion-citerne, par Pounder Emulsions Group depuis son usine de Kamloops.

c) Section B-3 (du km 63,450 au km 63,790) - 340 m

L'enrobé de récupération a été traité avec du bitume HF500(M), comme pour la section B-2, mais additionné de 40 % de granulat neuf.

La longueur des sections B-2 et B-3 avait été établie à environ 300 m car on trouvait qu'il s'agissait du minimum acceptable pour que les essais donnent des résultats significatifs. Il fallait en outre réduire la longueur du tronçon recyclé au minimum nécessaire, en raison des effets négatifs que pouvaient éventuellement avoir le manque de stabilité de la chaussée au mois de juillet, alors que la circulation atteint, sur la route 97, un débit journalier moyen de 4300 véhicules (relevé de 1980).

FIGURE 4


HF500(M) plus granulat neuf
HF500(M)
CYCLOGEN ME
km 63,790
340 m
km 63,450
380 m
km 63,070
120 m
km 62,950

Se reporter à la figure 4 pour connaître l'emplacement des trois sections traitées par recyclage à froid.

2. Recyclage sur place

L'enrobé recyclé sur place devait répondre aux principaux objectifs suivants:

a) être capable de résister aux déformations permanentes (ornières) sous l'effet des charges imposées pendant toute sa durée de vie prévue;

b) demeurer intact sous diverses conditions atmosphériques et de circulation entre le moment du compactage final et celui de la pose à chaud d'une nouvelle couche de surface.

Il fallait respecter ces objectifs tout en limitant au minimum la quantité d'agent de rajeunissement nécessaire, c'est-à-dire au coût le plus bas possible.

Les quantités de produits utilisées sont les suivantes:

a) Cyclogen ME

Quantité prévue: 2103 litres (2,5 %)
Quantité utilisée le 1er juillet 1981: 2150 litres
Quantité utilisée le 2 juillet 1981: aucune
Total: 2150 litres

Pourcentage utilisé = 2,6 % en poids de l'enrobé récupéré

b) HF500(M)

Quantité prévue: 7656 litres (2,3 %)
Quantité utilisée le 1er juillet 1981: 5945 litres
Quantité utilisée le 2 juillet 1981: 741 litres
Total: 6686 litres

Pourcentage utilisé = 2,0 % en poids de l'enrobé récupéré

c) HF500(M)/Granulat neuf

Quantité prévue: 13 991 litres (3,8 %)
Quantité utilisée le 1er juillet 1981: 5320 litres
Quantité utilisée le 2 juillet 1981: 663 litres
870 litres
Total: 6853 litres

Pourcentage utilisé = 1,9 % en poids de l'enrobé récupéré avec granulat neuf

Il n'a pas été nécessaire d'utiliser plus de bitume HF500(M), même si les quantités utilisées ne respectaient pas le pourcentage prévu, parce que l'enrobé de recyclage obtenu répondait en tous

points aux objectifs établis ci-dessus. Une plus grande proportion d'agent de rajeunissement n'aurait fait qu'augmenter les coûts sans vraiment améliorer la qualité de l'enrobé.

L'enrobé de recyclage à froid obtenu dans les trois sections respectait les objectifs établis: il n'a subi aucune déformation permanente sous l'effet des charges imposées et est demeuré intact jusqu'à la pose à chaud de la nouvelle couche de surface le 13 juillet 1981, et ce, en limitant au minimum la quantité d'agent de rajeunissement nécessaire.

Observations faites sur les sections témoins

L'inventaire des fissures transversales fait au printemps 1982 indiquait ce qui suit.

Section A - Géotextile

Synflex 2006 - 62,6 % des fissures sont réapparues
Synflex 4545 - 72,5 % des fissures sont réapparues

Section B - Recyclage

Toute la section - 28,8 % des fissures sont réapparues

Section C - Section de contrôle

Toute la section - 91,3 % des fissures sont réapparues

Références

1. J.F. Meidinger, Transverse Crack Suppression Test Sections - 1981 - Highway 97 in Vicinity of Monte Lake, 1982.

ANNEXE D

COMPTE RENDU DES DISCUSSIONS

CONSULTATIONS SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES CANADA/JAPON

LES REVÊTEMENTS ROUTIERS DANS LES RÉGIONS À CLIMAT FROID
Atelier
Du 18 au 22 octobre 1982
Vancouver (Colombie-Britannique)

Compte rendu des discussions

L'atelier sur les revêtements routiers dans les régions à climat froid, qui avait pour objet de créer un terrain propice à l'échange d'information entre le Canada et le Japon en matière de recherche et d'expérience dans le domaine des revêtements routiers, a été un franc succès. Les différentes sessions se sont tenues en présence de 17 participants japonais et de 28 participants canadiens provenant de milieux aussi diversifiés que le secteur universitaire, le secteur privé, le secteur public et les organismes régionaux. On trouvera, dans le procès-verbal de l'atelier, les comptes rendus de 7 exposés japonais et de 15 exposés canadiens. L'atelier a en outre permis aux participants d'explorer les domaines connexes pouvant faire l'objet d'échanges futurs et les modalités d'exécution d'une telle coopération.

De l'avis de tous, les échanges ont été des plus profitables et l'expérience aura porté fruit d'un côté comme de l'autre. Les exposés et discussions ont été complétés par une tournée d'inspection des routes de la chaîne côtière de la Colombie-Britannique et des régions de l'Okanagan et du Fraser Canyon. Au cours de cette tournée, les participants ont pu étudier de visu plusieurs tronçons témoins et sections de route spéciales, et acquérir ainsi une connaissance pratique des techniques utilisées et mises à l'essai en Colombie-Britannique pour réduire les effets du froid sur les revêtements routiers.

C'est à l'unanimité que les participants ont recommandé la tenue d'un autre atelier d'ici deux ou trois ans, mais cette fois au Japon.

Les participants ont en outre défini plusieurs sujets pouvant faire l'objet d'un programme de recherche mixte, dont les plus importants sont énoncés ci-après.

1) l'utilisation des produits d'addition dans le bitume pour améliorer la résistance des revêtements et ainsi prévenir l'orniérage, l'usure due aux pneus à crampons et la remontée des fissures;

2) l'uniformisation des méthodes d'appréciation et l'établissement de critères appropriés en matière de qualité de service;

3) la collecte et l'analyse informatique des données comme méthode de gestion des chaussées;

4) les techniques et matériaux employés pour réduire ou éliminer les effets de la fissuration des revêtements dans les régions à climat froid, notamment la remontée des fissures.

Il a été convenu de confier aux représentants officiels des deux pays la mise sur pied d'un programme précis de coopération Canada-Japon, et l'établissement des modalités de mise en application d'un tel programme.

Les participants ont enfin convenu que tout projet nécessitant des investissements importants et une structure plus formelle ferait l'objet d'un programme de recherche bilatéral.